ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 7 MAI 1906.

PRÉSIDENCE DE M. H. POINCARÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

ASTRONOMIE. — *Découverte de mouvements propres d'étoiles à l'aide de la méthode stéréoscopique*, par M. le Dr *Max Wolf*. Note de M. **Lœwy**.

J'ai l'honneur d'annoncer à l'Académie que M. le Dr Max Wolf, directeur de l'Observatoire astrophysique d'Heidelberg, est parvenu à mettre en évidence l'existence de mouvements propres pour de nombreuses étoiles, par une méthode qu'on peut dire nouvelle, car elle n'avait donné lieu jusqu'à présent qu'à des tentatives infructueuses. Cette méthode consiste à comparer, dans un stéréoscope, deux photographies d'une même portion du ciel prises à plusieurs années d'intervalle.

Parmi les épreuves que ce savant m'a prié de mettre sous les yeux de l'Académie, il en est une qui se rapporte à une étoile déjà connue par l'importance de son déplacement annuel. Un intervalle de quatre ans a suffi, ici, pour que l'image de l'astre apparût dans un plan très différent de celui des étoiles voisines.

Une autre épreuve est relative à un fait analogue pour une étoile de neuvième grandeur, dans la constellation du Lion, dont le mouvement propre a été ainsi révélé pour la première fois. Dans ce cas, les deux clichés ont été pris à quatorze ans d'intervalle; mais il y a, en outre, un second résultat important qui doit être signalé : le mouvement propre a pu être évalué stéréoscopiquement avec une précision que M. Max Wolf estime supérieure à celle des mesures micrométriques ordinaires. C'est une découverte véritablement très intéressante.

D'autres photographies prises par cet astronome font voir la traînée lumineuse d'une étoile filante passant en avant des constellations environnantes. Une combinaison de deux agrandissements de clichés de l'Observatoire de Paris a rendu frappantes les différences de niveau qui existent entre les formations lunaires voisines. La comète Perrine 1902 *b*, les nébuleuses d'Orion et d'Andromède présentent, dans les mêmes conditions, des aspects très expressifs.

M. le Dr Max Wolf, qui a déjà inauguré avec tant de succès l'application de la photographie à la recherche des petites planètes, mérite une fois de plus la reconnaissance des astronomes en démontrant que la méthode stéréoscopique, convenablement mise en pratique, peut rendre de sérieux services à l'astronomie.

ASTRONOMIE. — *Présentation du tome XII des « Annales de l'Observatoire de Bordeaux »*. Note de M. **Lœwy**.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie le tome XII des *Annales de l'Observatoire de Bordeaux*, renfermant les études régulièrement poursuivies dans cet établissement pendant les deux années 1897 et 1898.

Le volume débute par une notice intéressante de M. Rayet, directeur de l'Observatoire, sur la vie et les travaux de G. Lespiault, qui a exercé une influence si heureuse sur le mouvement scientifique à l'Université de Bordeaux, et notamment contribué à la création de l'Observatoire de Floirac, auquel il a, en toute circonstance, apporté un concours des plus efficaces.

A l'aide du cercle méridien d'Eichens de 19 centimètres d'ouverture, une nouvelle recherche a été inaugurée en 1897, ayant pour objet la détermination des positions d'un certain nombre d'étoiles de huitième à neuvième grandeur, destinées à servir de repères pour la réduction des clichés à Bordeaux et comprises dans une région de l'espace, de $+10°$ à $+18°$ de déclinaison boréale, assignée à cet établissement dans la grande entreprise internationale de l'exploration photographique du ciel. Le nombre des observations obtenues à Bordeaux dans les deux années 1897 et 1898 s'élève à 10162. On constate ainsi que les travaux accomplis dans cet ordre d'idées par les observatoires français sont poursuivis avec une grande énergie et reposent sur un plan homogène.

L'ouvrage se termine par la publication de positions équatoriales, au nombre de soixante, de diverses petites planètes et comètes, ainsi que des observations météorologiques et magnétiques accomplies pendant les années 1897 et 1898.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Méthodes pour la recherche, en dehors des éclipses, des amas de particules brillantes, mêlés aux gaz et vapeurs dans la partie basse de l'atmosphère solaire.* Note de M. **H. Deslandres**

Dans une note récente (*Comptes rendus*, même tome, p. 741) j'ai fait ressortir l'importance des particules incandescentes, liquides ou solides, qui sont mêlées aux gaz et vapeurs dans la partie basse de l'atmosphère solaire (chromosphère et protubérances). Jusqu'à présent, les astronomes ont porté leur attention sur les gaz et vapeurs, qui ont été reconnus, d'abord au bord extérieur dans l'éclipse de 1868, puis journellement, en dehors des éclipses, au même bord extérieur (Janssen et Lockyer), puis, depuis 1892, à l'intérieur du bord, ou, plus généralement, dans la demi-sphère entière tournée vers la Terre (Hale et Deslandres).

Dans cette longue période, on a négligé les amas de particules qui offrent un intérêt au moins égal, mais sont plus difficiles à reconnaître, étant décelés non plus comme les gaz par une ligne fine brillante, mais par un spectre continu qui s'affaiblit avec la dispersion.

D'une manière générale, la matière solaire apparaît formée de gaz et de particules en suspension, dans les trois couches principales, distinguées jusqu'ici, qui sont : la surface même ou photosphère, la chromosphère avec les protubérances et la couronne. Les images de la photographie ordinaire sont formées par les lumières confondues des deux éléments gaz et particules; mais, pour la connaissance complète du Soleil, il importe évidemment d'avoir séparément l'image spéciale de chaque élément, et de déterminer dans chaque couche la proportion, la répartition, l'origine des deux lumières composantes, émises l'une avec un spectre de lignes et l'autre avec un spectre continu. Ce programme de recherches devra être poursuivi pour les deux couches atmosphériques, non seulement pendant les éclipses, mais en temps ordinaire, non seulement dans la partie extérieure au bord solaire, mais dans la partie intérieure, projetée sur le disque, plus étendue et importante.

Il est encore loin de sa réalisation, au moins pour les particules qui ne sont pas encore décelées dans la chromosphère et les protubérances, si l'on excepte toutefois un premier résultat obtenu en 1905, et encore dans une éclipse et au bord extérieur. Quant à la couronne, les images des deux éléments, faciles à étudier et à séparer dans les éclipses (1), n'ont pas

(1) En effet, les images de la couronne, obtenues en si grand nombre dans les éclipses avec les appareils photographiques ordinaires et des plaques non sensibles au vert, sont des images de particules.

encore été obtenues en temps ordinaire, ni séparées, ni réunies, quoique l'image des gaz soit *a priori* plus accessible (1).

En résumé, l'étude des particules est à peine commencée; elle correspond à une branche de recherches nouvelle et distincte, aussi intéressante que celle des gaz, mais non encore développée.

La première image des particules seules a été réalisée dans l'éclipse dernière et pour les protubérances. Lorsque la lumière de notre ciel disparaît, les conditions sont en effet plus favorables pour la reconnaissance des particules, comme pour celle des gaz (2). Avec des écrans colorés spéciaux, qui absorbent toutes les radiations gazeuses permanentes des protubérances, j'ai pu obtenir l'image des masses qui émettent un spectre continu (même tome, p. 741). Le résultat est le suivant : les particules forment des noyaux brillants, distincts des gaz et dont l'éclat, point important à noter, est plus grand que celui des parties voisines de la couronne.

Comme les éclipses du Soleil sont rares et de courte durée, il faut chercher à avoir l'image des particules chromosphériques en temps ordinaire. J'examine dans cette note les moyens qui paraissent les meilleurs pour atteindre le résultat au bord solaire extérieur. Le problème est d'ailleurs presque identique à un problème ancien et fort étudié qui est la reconnaissance de la couronne solaire en dehors des éclipses. Or, malgré des tentatives nombreuses, aucun résultat n'a encore été obtenu pour la couronne; mais les chances de succès sont plus grandes avec les amas de particules chromosphériques qui, d'après les observations de la dernière éclipse, sont parfois beaucoup plus brillants que la couronne.

Les méthodes et appareils proposés pour la couronne s'appliquent aux amas chromosphériques, avec cette condition en plus que l'image solaire doit être grande, car les amas s'élèvent peu au-dessus de la surface.

Les difficultés à vaincre sont les mêmes qu'avec la couronne et ont déjà été énumérées en détail (voir diverses notes de Hale et Deslandres. *Astronomy and Astrophysics*, 1893 et 1896, et *Comptes rendus*, t. CXVIII, p. 307; t. CXVI, p. 1184; t. CXVII, p. 1053, et t. CXL, p. 955). Elles tiennent à la grande intensité des lumières parasites qui sont développées par diffusion ou

(1) Les méthodes et les appareils qui décèlent la chromosphère gazeuze ou les protubérances s'appliquent évidemment aussi à la couronne gazeuse; les raies fines de la couronne sont seulement moins brillantes que les raies fines des protubérances, et le problème est plus difficile.

(2) La première reconnaissance des gaz a été faite dans une éclipse (celle de 1868), de même que la première reconnaissance des particules.

réflexion : 1° dans notre ciel ; 2° dans l'appareil astronomique qui fournit une image réelle du Soleil ; 3° dans l'appareil spécial qui extrait de l'image solaire l'image des particules (appareil d'agrandissement, écrans colorés ou spectrohéliographes).

Les lumières parasites se superposent à la lumière qui doit être décelée et la masquent. Pour les diminuer, il faut, en particulier : *a*) choisir une station élevée, dans une région sèche et exempte de cirrus ; *b*) utiliser surtout des rayons de grande longueur d'onde, la région du spectre la plus favorable étant celle pour laquelle le rapport des lumières parasites et de la lumière des particules est un minimum ; *c*) employer des miroirs ou des lentilles simples parfaitement polis.

En premier lieu, il convient d'essayer les appareils qui ont réussi dans la dernière éclipse, c'est-à-dire une chambre photographique ordinaire et des écrans colorés qui absorbent les radiations gazeuses permanentes des protubérances et les principales radiations métalliques, pour avoir l'image des particules seules. Les écrans colorés qui laissent passer les radiations précédentes donneront l'image des gaz et particules confondus.

Si les écrans colorés sont insuffisants, on a recours au spectrohéliographe, qui fournit l'image des objets avec une seule radiation simple ; lorsque cette radiation est une raie noire du spectre normal, les deux lumières parasites principales sont, en effet, très diminuées. Le spectrohéliographe, indiqué brièvement pour la couronne par Deslandres en 1891, recommandé vivement par Hale en 1893, a été appliqué en 1894 à la recherche de la couronne sur le mont Etna par Hale et Ricco, avec la raie K du calcium qui alors était considérée comme une raie coronale permanente. Ce premier essai, pour des raisons diverses, n'a donné aucun résultat, mais sans infirmer la valeur de la méthode. L'appareil pour la recherche en question offre des avantages indiscutables ; par contre, il exige une pose longue, car il utilise une très petite portion de la lumière totale, déjà relativement faible dans le cas des particules.

Cet inconvénient sera évité par une plus grande concentration de la lumière, ou autrement dit par l'emploi d'objectifs astronomiques plus grands pour la projection de l'image réelle du Soleil, l'image finale du spectrohéliographe restant la même.

On peut aussi recommander un autre spectrohéliographe, non plus monochrome, mais polychrome, dont j'ai donné le principe en 1904 (*Comptes rendus*, t. CXXXVIII, p. 1378). L'appareil isole à la fois plusieurs

radiations simples, et peut donner le résultat avec une pose beaucoup moindre.

Avec le spectrohéliographe, le choix des raies noires à isoler n'est pas indifférent. Les raies peuvent être divisées en chromosphériques et non chromosphériques, c'est-à-dire être comprises ou non sur la liste, publiée par Young, des raies émises plus ou moins fréquemment par les protubérances. Les premières donnent l'image des vapeurs qui leur correspondent, un peu modifiée par l'addition possible de la lumière à spectre continu; les secondes raies donnent l'image même des particules (1).

Les appareils qui précèdent et qui éliminent dans des proportions différentes les lumières parasites peuvent tous, à mon avis, être utilisables pour la photographie des particules, au moins dans certains cas. L'éclat des particules chromosphériques est, en effet, probablement très variable; dans les protubérances de 1905, il était assez intense; mais il était beaucoup plus grand dans la protubérance de 1892, citée précédemment (voir p. 741), dont le spectre photographié a montré un spectre continu intense qui se détachait sur le spectre continu de notre ciel. Cette protubérance aurait pu, semble-t-il, être photographiée directement avec une chambre ordinaire analogue à celles qui servent au relevé journalier du disque et des taches; il aurait suffi de prendre quelques précautions et de prolonger un peu la pose. Je ne sais si les observateurs nombreux qui depuis cinquante ans photographient la surface solaire ont relevé des protubérances semblables, qui se distinguent aisément des petites pointes dues aux facules par leur courte durée et leur élévation plus grande. Le phénomène peut être plus fréquent qu'on ne le suppose; car l'attention des observateurs n'a pas été dirigée de ce côté.

Dans cet ordre d'idées, je propose d'essayer la photographie directe des belles protubérances éruptives au bord solaire avec les écrans colorés décrits plus haut et le dispositif simple suivant : un grand miroir concave donne une image du Soleil qui est rejetée sur le côté; dans le plan focal on place un petit miroir plan qui offre en son centre un trou rond, ayant le diamètre de l'image solaire, et par lequel on fait passer la lumière du disque qui est ainsi rejetée. Le petit miroir renvoie vers le miroir concave la lumière du bord extérieur qui est reprise par un objectif d'agrandissement et les écrans

(1) Les particules doivent accompagner les vapeurs de la couche renversante, qui s'élèvent au-dessus de leur niveau ordinaire, et qui, en s'élevant, doivent se refroidir et se condenser. La comparaison de toutes ces images permettra de suivre le phénomène.

colorés. L'appareil, léger et maniable, est ainsi disposé pour la photographie exclusive des bords; il peut être employé en montagne à la recherche de la couronne solaire.

Lorsque l'amas des particules est intense, les spectrohéliographes ordinaires (dont l'image finale est grande par rapport au diamètre de l'objectif astronomique) peuvent aussi convenir. On fait en général avec ces appareils une image du disque avec la raie K^2, puis une image des bords seuls avec la même raie, et ensuite une image du disque avec K^1. Je propose de faire aussi une image des bords seuls avec K^1, et une longue pose, lorsqu'une belle protubérance est signalée, afin d'avoir aussi l'image des particules. Il sera bon également d'obtenir l'image des bords seuls avec une seconde raie K^1, symétrique de la première par rapport à K^2, avec d'autres raies noires non chromosphériques et chromosphériques et aussi avec les intervalles brillants entre les raies noires (1). La comparaison de toutes ces images fera ressortir la part due aux gaz permanents, aux autres gaz et aux particules.

Si l'amas est peu brillant, les spectrographes monochromes à grande concentration de lumière, les spectrohéliographes polychromes et aussi la station de montagne deviendront nécessaires.

En résumé, les dispositifs qui précèdent paraissent capables d'assurer l'étude journalière et méthodique des amas de particules dans les protubérances du bord extérieur, mais la recherche est encore à peine abordée, et l'expérience seule décidera sur la valeur de ces méthodes.

En tout cas, la recherche des particules sera poursuivie d'abord dans les protubérances, puis, en cas de succès, étendue à la couronne elle-même.

La couronne, d'ailleurs, comme on l'a indiqué plus haut, se divise en couronne gazeuse et couronne de particules, cette dernière, qui est la couronne des éclipses, étant la plus importante et la plus étendue. La première sera donnée par les raies fines coronales, et en particulier par la raie verte 530 qui, à l'époque du maximum des taches, est forte (2) et doit

(1) Dans la région ultraviolette, de longueur d'onde plus petite que 365, l'hydrogène émet un spectre continu observé dans le laboratoire et aussi dans les protubérances par Evershed. Il sera intéressant d'étudier les images données par les écrans colorés et le spectrohéliographe, avec ces rayons ultraviolets, à l'extérieur et à l'intérieur du bord.

(2) J'ai aperçu une fois à Meudon, un jour de ciel très pur, cette raie verte sur une portion du bord solaire; le même appareil, il est vrai, ne l'a pas donnée dans les quelques essais tentés depuis, le temps ayant d'ailleurs manqué pour réaliser les dispositions indiquées déjà comme les meilleures, par exemple pour projeter l'image réelle du Soleil avec une lentille simple de quartz, pointée directement vers le ciel. Mais l'observation précédente et la théorie indiquent

pouvoir, avec une dispersion convenable du spectrographe, se détacher sur le fond continu des lumières parasites, surtout en montagne. L'image des particules, d'autre part, s'annonce comme plus difficile, malgré l'avantage dû à l'emploi d'une raie noire avec le spectrohéliographe. De toute façon, la reconnaissance de la couronne gazeuse seule serait intéressante, d'autant que les deux couronnes ont plusieurs points communs.

Enfin la recherche des particules est aussi abordable, quoique plus difficile, dans la partie de l'atmosphère solaire qui est projetée sur le disque; et je l'ai recommandée déjà en 1893 dans une note spéciale. Un amas de particules peut augmenter d'une manière notable la raie noire d'une vapeur placée derrière; il peut aussi subir l'absorption d'une vapeur plus haute interposée. Les images des diverses raies noires avec le spectrohéliographe ordinaire des formes seront comparées entre elles et aux images des intervalles brillants entre les raies; elles seront aussi rapprochées des épreuves fournies par les autres enregistreurs solaires qui relèvent les vitesses radiales et les spectres. Avec tous ces éléments, il sera souvent possible de faire la part exacte des vapeurs et des particules (1) et de fixer la répartition des particules dans les couches superposées de l'atmosphère.

La reconnaissance des particules, jusqu'ici négligée, est possible avec les moyens actuels; et comme elle est capitale pour la solution du problème solaire, elle doit retenir l'attention de tous les astronomes.

Les méthodes précédentes sont applicables aux autres astres, tels que les comètes et les nébuleuses, qui sont constitués aussi par des gaz et des particules, et dont le spectre offre un mélange, en proportions variables, de spectre continu et de raies fines brillantes. Les écrans colorés donneront aisément avec ces astres l'image des particules seules, qui, à ma connaissance, n'a pas encore été obtenue.

---

que la reconnaissance de la raie est possible, au moins en montagne, bien qu'elle soit de celles qui, le plus souvent, s'élargissent avec la dispersion croissante.

Récemment, Millochau et Stefanik ont annoncé leur intention de rechercher la raie verte au sommet du Mont Blanc. L'idée est excellente, et le type de spectrohéliographe qu'ils ont combiné à cet effet étant simple et léger convient bien pour cette recherche, sinon pour toutes les applications du spectrohéliographe.

(1) Par exemple, les premières images avec les raies noires, obtenues par moi en 1894, ont été rapportées aux vapeurs de la couche renversante, la proportion de la lumière à spectre continu étant plutôt faible. Récemment, Evershed et Hale ont discuté l'intervention des particules dans ces images.

ZOOLOGIE. — *La nidification des Abeilles à l'air libre*, Note de M. **E.-L. Bouvier**.

L'abeille commune n'a pas coutume de nidifier à l'air libre : domestiquée, elle construit ses rayons dans les ruches; redevenue sauvage, elle établit sa demeure dans les troncs creux, dans quelque anfractuosité de roche, parfois dans les cheminées, ce qui la protège contre les intempéries. Quand l'essaim émigrant ne trouve pas de refuge, il se fixe sur une branche et cherche à y édifier ses rayons, comme on l'a observé souvent au Luxembourg, dans le voisinage du rucher; mais alors ses constructions sont toujours réduites, et, sans doute, il périt bientôt, victime du froid, de la faim et des conditions atmosphériques défavorables.

A cette règle on connaît des exceptions, rares il est vrai, mais par là d'autant plus curieuses. Dans la littérature zoologique, une seule est signalée aux dates anciennes, perdue dans un volume de la *British Entomology* (1838) où Curtis (1) figura et décrivit, en quelques lignes, une nidification aérienne établie sur un rameau, à deux pieds du sol, au voisinage de Sopley, en Angleterre. Depuis lors, je ne crois pas qu'on ait étudié ce curieux phénomène, sauf en 1904 où il se présenta, au Jardin des Plantes, sous une forme et avec un développement remarquables. Dans le tronc creux d'un *Sophora japonica* se trouvait installée, depuis fort longtemps, une colonie des plus actives; le 26 mai 1904, cette colonie jeta un essaim qui s'établit à demeure sur un autre *Sophora* tout proche, et y édifia une gigantesque architecture dont l'ensemble des rayons ne mesurait pas moins d'un mètre carré. J'ai raconté l'histoire de cet essaim, et soigneusement décrit sa nidification, dans un opuscule publié récemment (2).

Par une heureuse coïncidence, un autre essaim se fixait, l'année dernière, dans la cour d'une habitation particulière, où il nidifiait, à 7 mètres de hauteur, sur une petite branche de Marronnier d'Inde.

Établi rue de la Pitié, cet essaim provenait, sans doute, du Muséum; non point de la colonie située dans le tronc creux du *Sophora*, car celle-ci était défunte, mais probablement d'une seconde, aujourd'hui encore très florissante, installée dans la petite École de botanique, à l'intérieur d'un *Catalpa*.

---

(1) *British Entomology*, volume des *Hyménoptères*, pl. 769.

(2) E.-L. BOUVIER, *Sur la nidification d'une colonie d'abeilles à l'air libre. (Bull. de la Soc. Philomath. de Paris*, 1905.)

Grâce à l'aimable obligeance de M. Mascaux, propriétaire de l'immeuble, j'ai pu recueillir cette seconde nidification aérienne, qui, avec la première, se place au premier rang parmi les pièces rares et curieuses de la collection d'entomologie appliquée du Muséum.

En étudiant de très près ces deux pièces, en les comparant entre elles et avec la figure de Curtis, j'ai pu établir les faits suivants qui jettent un jour nouveau sur le talent architectural et sur l'industrie des Abeilles.

1° *Nombre et forme des gâteaux.* — Dans les deux nidifications, les gâteaux sont au nombre de six, tous verticalement disposés et, presque partout, à la même distance les uns des autres que dans une ruche ordinaire. Les plus grands sont au centre, les plus petits à la périphérie. Chacun d'eux présente à peu près la forme d'une demi-ellipse fixée au support par son axe transversal, et libre sur ses bords partout ailleurs. Dans la nidification du *Sophora*, l'axe basal de l'ellipse est bien plus allongé que l'axe vertical, tandis qu'on observe le contraire dans la nidification établie sur le Marronnier. Et ici déjà se manifeste, dans sa merveilleuse plasticité, l'industrie des abeilles. Sur le *Sophora*, le nid était fixé à une énorme branche qui lui offrait un soutien solide et considérablement étendu; par contre, sur le Marronnier, la nidification était simplement suspendue à une petite branche, munie de deux bifurcations assez voisines. On verra plus loin que les Abeilles firent de leur mieux pour transformer en support résistant la région constituée par les deux fourches; mais cette base était très peu étendue dans le sens longitudinal, ce qui força nos ouvrières à établir des rayons d'une grande hauteur. Aussi les malheureux Insectes furent-ils victimes de ces conditions défavorables, en dépit des agencements qu'ils prirent pour y remédier : fixés par une base d'attache trop peu étendue, les rayons construits sur le Marronnier résistaient mal aux coups de vent et, à deux reprises, se détachèrent, mettant la colonie dans l'obligation de recommencer à nouveaux frais. Sur le *Sophora*, au contraire, l'édifice était d'une solidité à toute épreuve et, de ce fait, put atteindre les dimensions considérables que j'ai indiquées plus haut.

2° *Mode de fixation du nid.* — Sur la grosse branche du *Sophora*, les rayons sont largement fixés, souvent confluents à leur base, quelquefois réunis par des anastomoses. Ils se rattachent à l'écorce par un épais revêtement dur et solide, qui doit sa remarquable résistance à un excès de matière résineuse, ou, pour mieux dire, de propolis, empruntée par les Abeilles aux jeunes bourgeons du voisinage. Ce revêtement occupe toute la

surface de l'écorce à la base du nid ; il servait de support commun à tous les rayons et c'est à lui que l'édifice doit, pour une grande part, sa solidité remarquable.

Les Abeilles du second nid se trouvèrent en présence de difficultés autrement grandes : au lieu d'une large et forte branche, qui constituait un toit continu et inébranlable, elles n'avaient pour base d'attache qu'un rameau axial de 30 mm. et deux bifurcations d'un diamètre beaucoup plus faible. Pour fixer solidement leur édifice à ce toit bien précaire, elles eurent recours aux artifices les plus variés. Sous la branche axiale, elles établirent le 4e rayon. Dans la fourche gauche, les rayons 5 et 6 furent fixés sur la bifurcation correspondante par un support commun, reliés entre eux et au 4e par des piliers transversaux, et consolidés, au surplus, par l'adhérence du 5e rayon au rameau axial, en arrière de la fourche. Dans la fourche droite fut édifié un rayon complémentaire oblique qui, avec le rameau axial et la bifurcation droite, servit d'attache aux rayons 2 et 3, ce dernier, dans sa partie postérieure, occupant presque en totalité l'écartement de la fourche. Enfin, du même côté et en dehors, trois *rayons transversaux* furent greffés sur la bifurcation droite et sur la face externe du rayon 2, constituant des murailles d'attente qui devaient permettre aux Abeilles d'ajouter de nouveaux rayons à leur nid et qui, en fait, servirent d'attache au rayon 1. La matière fixatrice était sensiblement la même que dans la nidification établie sur le *Sophora*, mais quelle différence dans l'architecture fondamentale ! Pourtant, à force d'ingéniosité et de travail, nos Abeilles réussirent à transformer en un plafond solide la double fourche du Marronnier, et à construire les cloisons d'attente qui rendaient possibles les agrandissements ultérieurs de l'édifice.

3° *Dispositions protectrices.* — Edifiées en plein air et sans aucun abri, comment ces constructions purent-elles fournir aux Abeilles un gîte habitable, et se prêter aux exigences délicates de l'élevage du couvain ? Pour arriver à ce résultat, nos Insectes surent varier leurs moyens et modifier leur industrie de façon surprenante.

Dans l'immense édifice construit sur le *Sophora*, les gâteaux externes avaient manifestement un rôle protecteur : ils ne servaient pas à l'élevage, et leurs alvéoles, de dimensions anormales, avaient des parois épaisses qui leur permettaient de résister aux intempéries ; sur l'une des faces, le gâteau externe était obliquement disposé, à la manière d'un auvent, ce qui lui permettait de jouer un rôle protecteur plus efficace. Comprises entre les autres gâteaux, les chambres d'habitation et d'élevage étaient largement ouvertes

dans la partie inférieure du nid, couvertes au-dessus par la branche d'attache, et protégées en avant et en arrière de l'édifice par des poutrelles transversales, par l'anastomose marginale de deux rayons contigus, enfin et surtout par l'épaississement des rayons au voisinage de leur bord.

Ces épaississements furent produits par le simple allongement des alvéoles qui, en certains points, dépassaient 40^{mm} de longueur (1); ils réduisirent à de simples fentes l'intervalle qui séparait, près de leurs bords, les rayons contigus et, par là même, transformèrent en chambres assez bien closes l'espace qui continuait cet intervalle dans l'intérieur de la nidification. Il semble bien qu'un procédé semblable ait été employé dans l'édifice aérien figuré par Curtis.

Dans la seconde nidification, les alvéoles des gâteaux sont tous semblables et du diamètre des cellules ouvrières; tous, dès lors, auraient pu servir à l'élevage; mais ceux directement exposés restèrent vides et simplement protecteurs. Au surplus, pas d'épaississement spécial dans ces cellules protectrices et, sur le toit bien solide, des hiatus et des trous de vol qui doivent quelque peu livrer passage à la pluie; maintes fois détruite et réédifiée en grande hâte, cette nidification n'a pu recevoir les mêmes soins que la première.

Les abeilles ont pourvu au plus pressé, c'est manifeste, et cela se voit bien mieux encore aux deux extrémités de l'édifice. Protégée par les hautes maisons du voisinage, l'extrémité septentrionale ne présente guère d'agencements protecteurs; les rayons viennent s'y terminer sans anastomose et avec leur épaisseur ordinaire, largement séparés les uns des autres comme à l'intérieur du nid. Le côté opposé, par contre, recevait les vents pluvieux du sud sans la moindre atténuation, faute de bâtiments assez élevés pour leur faire obstacle; et c'est là, principalement, que nos Abeilles ont concentré leurs efforts. De ce côté, en effet, on se trouve en présence d'une clôture bien aménagée : tous les rayons contigus se fusionnent par concrescence, sauf les deux du milieu qui sont réunis par un rayon transversal jouant le même rôle obturateur que les anastomoses précédentes Les épaississements marginaux, qui caractérisent la première nidification, sont à peine indiqués dans celle-ci; le mode de protection est tout autre, mais non moins ingénieux; il eût été parfait si les Abeilles avaient pu le mettre en pratique à l'autre extrémité du nid.

(1) Les cellules d'ouvrières, dans les ruches normales, ont un diamètre moyen de 5^{mm} et une hauteur de 12 à 13^{mm}; celles des mâles atteignent un diamètre de $6^{mm}5$ et une hauteur de 15 à 16^{mm}.

4° *Destinée de ces colonies.* — Je n'ai pas vu de cellules de mâles dans ces deux nidifications et, dès lors, on peut croire que leurs colonies n'élevèrent jamais de reines et n'émirent pas d'essaim. Les Abeilles limitèrent leur activité à l'élevage du couvain d'ouvrières qui leur fournissait des travailleuses, à l'édification des gâteaux et à la mise en réserve de provisions pour les mauvais jours. Mais les deux premières occupations firent du tort à la troisième et conduisirent les industrieuses colonies à leur perte. Préoccupées justement de s'établir un gîte, les Abeilles consacrèrent le meilleur de leur récolte à l'élaboration de la cire, et la plus grande part de leur travail à l'utilisation de ce produit. Construire près d'un mètre carré de rayons qu'il fallait épaissir ou relier par des traverses, récolter une abondance de propolis pour donner des attaches solides à l'édifice, activer l'élevage pour multiplier les travailleurs, telle fut la lourde tâche de nos colonies. Mais c'est aux dépens du miel que s'effectue la sécrétion de la cire, et c'est au moyen de pollen et de miel que les Abeilles nourrissent le couvain. Dès lors, édifiant sans mesure et dépensant une grande partie de leur récolte aux soins de l'élevage, les Abeilles se trouvèrent dans les conditions les plus fâcheuses pour accumuler suffisamment de réserves. L'hiver étant venu, elles burent leur miel jusqu'à la dernière goutte, et privées de cette source de calorique, périrent de froid parce qu'elles avaient faim.

En fait, c'est aux premiers jours du printemps, et non en hiver, que s'éteignirent les dernières survivantes. Dans la première nidification, quelques-unes volaient encore autour des rayons durant les chaudes journées printanières; et il en fut certainement de même dans la seconde, car j'ai trouvé des butineuses de propolis engluées par les pattes au vernis superficiel des bourgeons du Marronnier. Avec des réserves un peu plus abondantes, les deux colonies auraient pu atteindre la belle saison et devenir persistantes, comme celles de l'*Apis indica* dans les régions asiatiques tropicales. Je tiens d'un de mes confrères, M. Dongé, qu'une colonie semblable aux précédentes put traverser heureusement la mauvaise saison; mais c'était loin de la capitale, au milieu d'une campagne fleurie où les récoltes pouvaient être abondantes.

Ainsi, notre Abeille domestique n'est pas incapable de nidifier en plein air et, alors, en grande hâte, elle modifie plus ou moins heureusement son architecture, de manière à se bien protéger. L'alvéole sert toujours d'élément fondamental à ses constructions, mais très divers suivant les besoins, et formant les associations les plus variées.

Un artisan, dans son activité intelligente, ne saurait pas mieux se plier aux circonstances; mais ici la nidification résulte du concours de milliers d'individus qui travaillent tous dans le même sens et animés par le même esprit. Cet « esprit de la ruche », pour me servir d'une expression de M. Maeterlinck, n'implique-t-il pas un échange d'idées entre les diverses ouvrières?

GÉOLOGIE. — *Les conglomérats des explosions vulcaniennes du Vésuve, leurs minéraux, leur comparaison avec les conglomérats trachytiques du Mont-Dore.* Note de M. **A. Lacroix**.

Naples, 1er mai. — Dans une lettre précédente, j'ai signalé à l'Académie que certaines particularités des explosions vulcaniennes de l'éruption récente du Vésuve m'ont rappelé, bien que sous une forme extrêmement atténuée, quelques-unes de celles des *nuées ardentes verticales* de la Montagne Pelée; parfois, elles laissaient rouler sur les pentes du cône des avalanches de matériaux solides, qui ont édifié des brèches dont je me suis proposé de faire une étude détaillée.

Pour bien comprendre leur nature, il faut se rappeler que, dans la nuit du 7 au 8 avril, une partie importante du sommet du cône s'est écroulée dans le cratère, en même temps que celui-ci se vidait du magma récent qui le remplissait, grâce à l'épanchement rapide de lave se dirigeant vers Bosco Trecase. Ce qu'ont soulevé et rejeté les projections vulcaniennes postérieures à cet écroulement, ce sont donc essentiellement ces débris du cratère, ajoutés à ceux résultant de son élargissement et aussi à des fragments du magma récent consolidé sous une forme compacte.

La structure de ces brèches est tout à fait identique à celle des conglomérats des nuées ardentes des Antilles, avec cette réserve, toutefois, que les blocs mesurant plus de 1 mètre de côté sont exceptionnels, au moins dans les parties actuellement visibles. Ils sont constitués par des blocs de grosseur variée, anguleux ou arrondis, distribués chaotiquement au milieu de matériaux plus fins que les pluies récentes ont grossièrement cimentés. Ils sont par places encore chauds, mais sur les surfaces, aujourd'hui ravinées par des petits courants boueux, je n'ai vu nulle part de fumerolles secondaires.

Au point de vue de leur constitution minéralogique, ces brèches sont, comme celles de Saint-Vincent, polygènes, puisqu'elles comprennent des matériaux récents et anciens. Ces derniers paraissent prédominer de beau-

coup; ils sont extrêmement variés au point de vue pétrographique; à côté de types, dans lesquels on reconnaît les leucotéphrites de coulées superficielles du Vésuve, il existe en grande abondance des roches bien plus cristallines, comparables à celles des filons de la Somma; elles proviennent évidemment de filons, cheminées d'éruptions antérieures, consolidés dans le cône à une profondeur plus ou moins grande. Il faut signaler, enfin, bien que peu fréquents, des fragments de calcaire métamorphique. La forme, les altérations superficielles de certains de ces divers matériaux font penser qu'ils n'ont pas été tous arrachés des roches *in situ*, mais parfois à des turfs ou conglomérats d'éruptions antérieures.

Une caractéristique commune à tous les blocs dont il s'agit est d'être imprégnés de sels alcalins (chlorures et sulfates des fumerolles sèches), sans que pour cela ils aient subi d'altérations; ce sont là des fragments provenant d'une profondeur où la température était suffisante pour rendre impossible la condensation de la vapeur d'eau nécessaire à la production des phénomènes d'attaque intense, qui sont manifestes dans d'autres roches jaunes ou rouges, elles aussi imprégnées de sels (alcalins ou métalliques), et renfermant de beaux cristaux d'hématite. Ces derniers échantillons proviennent des parois mêmes du cratère démantelé et sans doute du voisinage de la surface.

Parmi tous ces blocs, je signalerai comme ayant un intérêt exceptionnel ceux, et ils sont nombreux, qui renferment des minéraux silicatés drusiques, formés à haute température, mais postérieurement à la consolidation du magma. Ces roches, qui attestent de l'intensité des réactions métamorphiques que les émanations du magma ont déterminées à son voisinage dans le cône d'éruption, ne le cèdent en rien par leur richesse en minéraux cristallisés à celles des éruptions de 1822 et de 1872, que les travaux d'A. Scacchi ont rendu célèbres : on y trouve des espèces minérales nombreuses (hornblende, divers types de pyroxène, biotite, microsommite, leucite, sanidine, apatite, sphérohématite, magnétite, probablement breislakite, marialite, etc.), présentant entre elles des associations variées, caractéristiques d'un type de roche déterminé, aux dépens duquel elles se sont formées.

Ces conglomérats et surtout ceux à blocs métamorphiques sont particulièrement intéressants pour les pétrographes et géologues français, à cause de la comparaison qui s'impose entre eux et les conglomérats andésitiques et trachytiques d'Auvergne. On sait, en particulier, que la partie centrale du massif du Mont-Dore renferme de grandes épaisseurs de conglomérats, formés par des blocs, des fragments de toute taille et des cendres trachytiques;

là où ces conglomérats n'ont pas été remaniés, ils possèdent une structure chaotique. En certains points, notamment au Riveau Grand, on y trouve non seulement les roches volcaniques connues en place dans la région, mais des types spéciaux ne se rencontrant nulle part *in situ;* leurs cavités sont tapissées de nombreux minéraux cristallisés; beaucoup de ceux-ci sont communs avec le Vésuve (hornblende, pyroxènes, biotite, magnétite, hématite), alors que d'autres leur sont particuliers et que quelques-uns de ceux du Vésuve ne s'y présentent pas; mais dans les deux régions volcaniques, la nature des associations minéralogiques est caractéristique d'une roche donnée, ce qui prouve à l'évidence que c'est celle-ci qui a produit, au moins en grande partie, les éléments nécessaires à la production de ces minéraux néogènes.

De cette comparaison on peut donc conclure que les brèches du Mont-Dore ont été produites par de violentes explosions, ayant démantelé le cône central, et ayant pris soit une forme vulcanienne semblable à celle qui vient d'être étudiée au Vésuve, soit la forme peléenne. Le transport par avalanche paraît bien plus vraisemblable que celui par projection dans l'espace à grande distance.

Il est important de remarquer l'analogie de l'intensité des phénomènes métamorphiques, déterminés dans la cheminée volcanique ou à son voisinage par les émanations des magmas leucitique et trachytique; c'est une confirmation de l'opinion que j'ai émise depuis longtemps à la suite de l'étude de leurs enclaves, à savoir que les magmas leucitiques, même les plus basiques, doivent, à ce point de vue, être plutôt rapprochés des magmas acides que des magmas basaltiques.

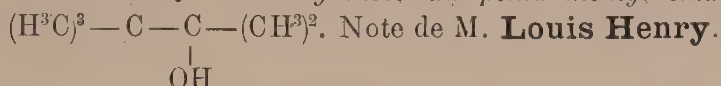
D'autre part, enfin, l'importance des phénomènes explosifs vulcaniens, succédant à d'intenses phénomènes stromboliens, dans la venue au jour d'un magma aussi basique que celui du Vésuve, met bien en évidence un fait sur lequel la discussion des phénomènes volcaniques des Antilles m'a déjà permis d'insister, à savoir que ce qui règle la forme du dynamisme d'une éruption, c'est bien plutôt l'état physique (fluidité ou solidification plus ou moins avancée) au moment du paroxysme que la constitution chimique du magma.

M. **Albert Gaudry** s'exprime dans les termes suivants :

Nous venons d'avoir à Monaco un Congrès international d'anthropologie et d'archéologie préhistorique. Ce congrès a été magnifique, grâce surtout à

S. A. S. le Prince de Monaco. Nous avons vu deux nouveaux musées : celui d'océanographie, qui va bientôt être achevé et sera un établissement unique au monde, et celui d'anthropologie, qui est tout à fait remarquable par l'habileté et le soin consciencieux avec lesquels les échantillons ont été recueillis. Les collections des Baoussé Roussé réunies dans ce musée éclairent l'histoire de l'humanité durant la phase chaude qui a précédé la grande époque glaciaire. Tous les savants qui ont pris part au dernier Congrès d'anthropologie conserveront un souvenir reconnaissant pour le Prince de Monaco.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse du penta-méthyl-éthanol*



$(H^3C)^3 - C - C(OH) - (CH^3)^2$. Note de M. **Louis Henry**.

La réaction de l'éther isobutyrique $(H^3C)^2 - CH - CO(OC^2H^5)$ sur le méthyl-bromure de magnésium $CH_3 - Mg - Br$ fournit, dans les conditions les plus avantageuses, le diméthyl-isopropyl-carbinol $(H^3C)^2 - C(OH) - CH - (CH^3)^2$. J'avais pensé obtenir de la même manière, à l'aide du chloro-isobutyrate d'éthyle $(CH^3)^2 - CCl - CO(OC^2H^5)$, la chlorhydrine de cet alcool $(H^3C)^2 - CCl - C(OH) - (CH^3)^2$, la mono-chlorhydrine tétra-méthyléthylénique, c'est-à-dire la mono-chlorhydrine de la pinacone $(H^3C)^2 - C(OH) - C(OH) - (CH^3)^2$.

La réaction de cet éther chloré sur la solution éthérée du méthyl-bromure de magnésium se passe en effet fort bien. A la suite du traitement ordinaire et après l'évaporation de l'éther, on obtient un liquide qui, abandonné à l'air, à la température ordinaire, se prend en une masse cristalline, d'odeur camphrée, que l'on peut prendre, au premir abord, pour la mono-chlorhydrine tétra-méthyl-éthylénique $(H^3C)^2 - C(OH) - CCl - (CH^3)^2$ d'Eltekoff. Mais ce produit ne renferme pas de chlore et fond un peu au delà de 80°; c'est l'hydrate du penta-méthyl-éthanol $(H^3C)^3 - C - C(OH) - (CH^3)^2$, qu'a fait connaître, en 1875, Butlerow, et qu'il a obtenu laborieusement par la réaction du zinc-méthyle $(H^3C)^2Zn$ sur le chlorure de triméthyl-acétyle $(H^3C)^3 - COCl$.

Depuis lors, ce corps a encore été obtenu, dans des conditions assez difficiles, par la réaction du zinc méthyle, soit sur le chlorure d'acétyle tri-chloré, soit sur le bromure d'isobutyryle mono-bromé.

La réaction que je viens de faire connaître permet d'obtenir, dans les

meilleures conditions, le penta-méthyl-éthanol $(H^3C)^3 — C — C(OH) — (CH^3)^2$ qui donnera sans doute par oxydation l'acide tri-méthyl-acétique $(H^3C)^2$ — $CO(OH)$. L'alcool éthylique penta-méthylé $(H^3C)^3 — C — C(OH) — (CH^3)^2$ s'éthérifie très facilement au contact de l'acide HClAq fumant. On en obtient ainsi le dérivé chlorhydrique $(H^3C)^3 — C — CCl(CH^3)^2$, qui forme une masse cristalline, à odeur camphrée, fondant un peu au delà de 130°.

J'ajouterai, pour terminer, que l'éther chloro-isobutyrique $(H^3C)^2 — CCl — CO(OC^2H^5)$ s'obtient facilement par la réaction sur l'alcool du chlorure de chloro-isobutyryle $(H^3C)^2 — CCl — COCl$, lequel se fait lui-même très commodément par l'action du chlore sur le chlorure d'isobutyryle $(H^3C)^2CH — COCl$.

Le bromo-isobutyrate d'éthyle est un produit commercial. Il n'y a pas de doute à concevoir qu'avec le méthyl-bromure de magnésium, il ne fournisse le penta-méthyl-éthanol plus facilement encore que l'éther chloré correspondant. J'avais employé ce dernier, croyant conserver le composant $(CH^3)^2 — CCl$ à l'abri de l'action du composé magnésien (1).

Je tiens enfin à constater encore toute la part qu'a prise à la réalisation expérimentale de cette recherche mon assistant, M. Aug. De Wael.

PHYSIOLOGIE. — *Recherches sur le blanchiment hivernal des poils et des plumes.* Note de M. **El. Metchnikoff**.

Les vieillards avec des cheveux noirs ne sont pas rares, non plus que les jeunes gens avec des cheveux gris; il reste néanmoins vrai que le blanchiment des cheveux est une des manifestations des plus caractéristiques de la vieillesse.

Une étude sur cet âge avancé de la vie ne peut donc omettre le problème du blanchiment des cheveux et des poils. Aussi, au début de mes recherches sur le mécanisme de la vieillesse, me suis-je mis à étudier ce phénomène. Dans un travail publié il y aura bientôt cinq ans, je faisais connaître que la perte du pigment des cheveux et des poils est due à l'action de certaines cellules que j'ai désignées sous le nom de *chromophages*. Munis d'appendices protoplasmiques, ces éléments saisissent les grains de pigment et les transportent dans la peau, ou les rejettent en dehors du cheveu. Ces faits se sont

(1) Il est probable qu'en introduisant la solution éthérée du méthyl-bromure de magnésium *dans* la solution éthérée de l'isobutyrate éthylique mono-chloré $(H^3C)^2 — CCl — CO(OC^2H^5)$, le composant $(H^3C)^2 — CCl$ sera respecté et qu'il résultera de là la chlorhydrine tétra-méthyl-éthylénique $(H^3C)^2 — CCl — C(OH) — (CH^3)^2$, que je me proposais d'obtenir par la réaction que je viens de signaler.

trouvés en parfait désaccord avec la théorie régnante du blanchiment des cheveux, d'après laquelle ce phénomène serait dû à une pénétration de l'air. A quel point cette théorie a poussé des racines profondes, on peut en juger par ce fait que dans les publications toutes récentes de *Tomasczewski et Erdmann* (1), et de M. *Trouessart* (2), elle est citée comme exacte en totalité ou en partie. Or, il suffit de se rendre compte du fait que le blanchiment atteint la totalité du cheveu, tandis que les gaz ne remplissent que la couche médullaire, souvent très mince et quelquefois absente, pour reconnaître l'inexactitude de la théorie du blanchiment par la pénétration de l'air.

Récemment on a exprimé l'avis qu'en outre de l'élimination du pigment des cheveux par les chromophages, il se produit encore une dissolution partielle par des substances chimiques. Mais le pigment des cheveux et des poils est une substance très stable et il n'est détruit que par des réactifs très violents. Ainsi *Spiegler* (3) a réussi à le transformer en un corps incolore par l'action de l'acide sulfurique et du chromate de potassium.

Des observations, répétées à maintes reprises, m'ont convaincu que le pigment des cheveux et des poils au moment de la vieillesse est englobé et transporté par les chromophages. Existe-t-il quelque autre mode de destruction du pigment? Là-dessus on ne peut dire rien de précis pour le moment. Seulement on a bien le droit d'affirmer que la pénétration de l'air n'y est pour rien.

Il serait sans doute très intéressant d'appliquer la méthode expérimentale à l'étude du blanchiment des cheveux, afin de connaître les règles qui dirigent l'activité des chromophages. Dans l'impossibilité de faire ces recherches sur l'homme, on pourrait les entreprendre sur de vieux mammifères, dont les poils blanchissent par l'intervention des chromophages. En pratique cela n'est pas commode à réaliser, car on ne trouve pas facilement de vieux animaux en quantité suffisante. C'est pour cette raison que je me suis adressé, ces dernières années, aux poils et aux plumes des mammifères et des oiseaux qui blanchissent pendant la saison froide. Dans cette intention je me suis procuré, grâce à l'aimable concours de M. *Amrhein*, artiste peintre à Engelberg, et surtout à Madame *Chéviakoff*, des poils de lièvre variable (Lepus variabilis) et des plumes de lagopèdes (Lagopus albus, Lagopus alpinus). Il a été facile de constater que, dans le blanchiment hivernal de

(1) *Münchener medic. Wochenschr.* 1906, p. 359.
(2) *Comptes rendus de la Soc. de Biologie*, 1906, 10 février.
(3) *Beiträge zur chemischen Physiologie u. Pathologie*, 1903, p. 54.

ces animaux, les chromophages jouent le même rôle que dans la vieillesse. On trouve ces grosses cellules dans la couche périphérique des poils du lièvre variable en train de blanchir, cellules munies d'un gros noyau et de prolongements multiples, remplis de grains pigmentés ainsi que le protoplasma. L'aspect de ces chromophages et jusqu'aux plus petits détails, tout rappelle les cellules de l'homme. Pendant que, dans la couche périphérique des poils, les chromophages s'emparent du pigment, la couche médullaire reste remplie de corps réfringents et ne contient ni air ni autres gaz quelconques.

J'ai retrouvé des gros chromophages, bourrés de pigment noir, dans les plumes de lagopèdes en train de blanchir, tués en novembre. Mais la quantité de ces transporteurs de pigment était beaucoup moins grande que dans les poils du lièvre variable. Malgré cela on a le droit d'affirmer que ces cellules jouent un rôle important dans le blanchiment des oiseaux. Grâce à l'obligeance de M. Lacote, directeur de l'école d'agriculture de Genoillac, j'ai été mis en possession, en octobre 1904, d'une poule en train de blanchir Noire foncée au début, cette poule a commencé à l'âge de quatre ans à devenir blanche. Au moment où je l'ai reçue, elle n'avait de noir que les ailes et encore beaucoup de leurs plumes étaient moitié noires, moitié blanches. Ces plumes, ainsi que d'autres encore toutes noires, étaient expulsées au bout de quelque temps, tandis que les plumes nouvelles qui poussaient en grand nombre étaient blanches comme la neige. Après plusieurs mois de séjour chez moi, cette poule a complètement perdu tout son pigment noir. L'examen microscopique a révélé la présence de très gros chromophages, munis d'une quantité de grains pigmentés.

Dans la littérature sur le blanchiment des plumes je n'ai trouvé aucune indication précise sur ces cellules, mais un travail du regretté *Victor Fatio* (1) permet de supposer que les chromophages jouent un rôle important dans ce phénomène. Il a vu que le jeune *Larus Ridibundus*, qui possède en été un premier plumage presque entièrement brun devient à son premier printemps presque entièrement blanc, « sans avoir subi, pour beaucoup de ses plumes, une vraie mue par renouvellement ». Pendant ce blanchiment, « une poussière brune recouvre à l'extérieur chaque partie de la plume, et d'autant plus qu'elle est davantage en voie de décoloration. Les parties blanches n'ont déjà presque plus de poussières et les brunes n'en ont presque point encore ».

---

(1) *Mémoires de la Soc. de physique et d'hist. natur. de Genève,* vol. IX, 1866, p. 299.

L'ensemble des données que j'ai pu observer sur le blanchiment des cheveux, des poils et des plumes autorise la supposition que cette poussière brune n'est autre chose que des chromophages bourrés de pigment et sortis de leur habitat naturel. Je n'ai pas pu, jusqu'à présent, me procurer le matériel nécessaire pour contrôler cette opinion, mais je recommande bien aux savants, qui seront sous ce rapport plus heureux que moi, d'entreprendre une étude microscopique.

On doit donc reconnaître que le blanchiment au moyen des chromophages constitue un phénomène d'ordre général. Bien que je n'aie pu, ni sur les préparations ni sur les échantillons de poils de l'hermine et de l'écureuil des montagnes que M. Trouessart a mis aimablement à ma disposition, constater la présence de vrais chromophages (grosses cellules, munies d'appendices allongés et souvent ramifiés), je ne doute pas que l'étude prolongée de ces animaux ne montre que chez eux le blanchiment se produit par un mécanisme semblable à celui observé sur l'homme, le chien et le lièvre.

Contrairement à ce que l'on pourrait supposer, les cheveux, les poils et les plumes contiennent des éléments vivants, sensibles aux influences venant du dehors, capables de se mouvoir et de saisir les grains de pigment, c'est-à-dire de manifester les fonctions les plus élevées d'une cellule. Leur existence explique ce fait incontestable que, sous l'influence de fortes émotions, un homme peut blanchir dans l'espace d'une nuit. Sous l'influence de quelque excitant violent, les chromophages peuvent devenir particulièrement actifs. On connaît même des exemples de blanchiment subit chez des animaux. Ainsi Weinland cite « un étourneau devenu instantanément blanc, après avoir échappé aux griffes d'un chat » (1).

Puisque le blanchiment résulte de l'activité vitale des cellules amiboïdes, il doit être rapproché du changement de coloration des vertébrés inférieurs. De même que parmi ceux-ci il y a des animaux, tels que la rainette (Hyla viridis) et d'autres grenouilles, qui pâlissent pendant des heures et des jours, et à côté d'eux des caméléons qui changent de couleur dans l'espace de peu de minutes, de même chez les vertébrés supérieurs il y a des exemples de blanchiment lent et de blanchiment rapide. Dans tous ces cas la loi générale est la même : elle met en jeu la sensibilité et la mobilité des cellules amiboïdes renfermant du pigment. Chez les amphibies et les reptiles le rôle des cellules amiboïdes dans le changement de la coloration a été établi depuis

---

(1) *Journal für Ornithologie*, 1856, vol. IV, p. 272.

longtemps; pour les oiseaux et les mammifères il ne tardera pas à être généralement accepté.

L'étude du blanchiment hivernal des mammifères et des oiseaux par la méthode expérimentale permettra sans doute d'établir les influences qui dirigent ce phénomène et facilitera par cela l'étude du blanchiment des cheveux des vieillards et du problème de la vieillesse.

M. **Simon Newcomb**, associé étranger de l'Académie, adresse une lettre pour rendre compte de la célébration du bicentenaire de la naissance de Franklin, où, en sa qualité d'associé étranger, il a représenté l'Académie des sciences.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre du commerce, de l'industrie et du travail** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux ou trois candidats pour la chaire de Géométrie descriptive, devenue vacante, au Conservatoire National des Arts et Métiers, par suite de la démission de M. Rouché.

(Renvoi à la section de géométrie.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance :

1° 19 feuilles des cartes de la France, de l'Algérie et de la Tunisie, envoyées par M. le ministre de la guerre;

2° *Le chimiste Dizé*, par MM. **A. Pillas** et **A. Balland**;

3° *Le transformisme appliqué à l'agriculture*, par M. **J. Costantin** (présenté par M. Bonnier).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la généralisation des séries trigonométriques.* Note de M. **A. Buhl**, présentée par M. P. Appell.

Je me propose de signaler un nouveau procédé pour former des séries trigonométriques plus générales que celles habituellement envisagées. Ces séries généralisées dépendent d'un paramètre arbitraire ayant une signification analytique et même géométrique remarquablement simple. On peut déduire de là toute une famille de séries de fonctions continues susceptibles de représenter une fonction arbitraire conformément à un théorème connu,

d'après lequel de tels développements sont possibles d'une infinité de manières. Partons des équations

$$\frac{dv}{dx} = -ku, \qquad \frac{du}{dx} = kv,$$

d'où

$$v = \mathrm{A}\cos(kx - \theta), \qquad u = \mathrm{A}\sin(kx - \theta).$$

Si k prend une infinité de valeurs, k_ν (ν entier variant de $-\infty$ à $+\infty$), on a

$$(1) \qquad k_\nu \int_\alpha^\beta v_\mu v_\nu \, dx - k_\mu \int_\alpha^\beta u_\nu u_\mu \, dx = (u_\nu v_\mu)_\alpha^\beta.$$

Permutant μ et ν, en supposant le second membre nul, on conclut que les deux intégrales du premier membre sont nulles, si $\mu \neq \nu$, et non nulles, mais égales, si $\mu = \nu$.

C'est là le fondement des développements trigonométriques classiques.

Je me suis proposé d'abord de chercher à réaliser d'une manière aussi générale que possible la condition

$$(2) \qquad (u_\nu v_\mu)_\alpha^\beta = 0 \qquad \text{ou} \qquad \frac{u_\nu(\alpha)}{u_\nu(\beta)} = \frac{v_\mu(\beta)}{v_\mu(\alpha)}.$$

Prise sous cette dernière forme, on voit que les deux rapports qui la constituent ne peuvent être égaux, quels que soient μ et ν, que s'ils sont indépendants de ces indices. Je leur attribue une valeur commune constante $\operatorname{tang}\varphi$.

Dans ces conditions, le système

$$(3) \qquad \frac{\sin(k\alpha - \theta)}{\sin(k\beta - \theta)} = \operatorname{tang}\varphi, \qquad \frac{\cos(k\beta - \theta)}{\cos(k\alpha - \theta)} = \operatorname{tang}\varphi$$

ou

$$\sin 2(k\alpha - \theta) = \sin 2(k\beta - \theta), \qquad \cos k(\beta - \alpha) = \sin 2\varphi,$$

d'où l'on tire

$$(4) \qquad k = \frac{2\nu\pi \pm \left(\frac{\pi}{2} - 2\varphi\right)}{\beta - \alpha}, \qquad \theta = \left[\nu\pi \pm \left(\frac{\pi}{4} - \varphi\right)\right]\frac{\beta + \alpha}{\beta - \alpha} - \frac{2\lambda + 1}{4}\pi,$$

donne en effet, en supposant λ choisi une fois pour toutes, une infinité de valeurs k_ν et θ_ν.

Raisonnant alors comme à l'habitude, on obtient les deux développements (1)

$$f(x) = \frac{2}{\beta - \alpha} \sum_{\nu=-\infty}^{\nu=+\infty} \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\left(k_\nu x - \theta_\nu\right) \int_\alpha^\beta f(\xi) \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\left(k_\nu \xi - \theta_\nu\right) d\xi.$$

On voit qu'ils contiennent, dans k_ν et θ_ν, *le paramètre arbitraire* φ. Par addition on a

$$f(x) = \frac{1}{\beta - \alpha} \sum_{\nu=-\infty}^{\nu=+\infty} \int_\alpha^\beta f(\xi) \cos k_\nu (x - \xi) \, d\xi,$$

ce qui est plus général encore que le développement de Fourier qui correspond à $4\varphi = \pi$. Un autre cas, plutôt singulier que particulier, des considérations précédentes est celui où l'un des rapports (3) prend la forme $0:0$; l'autre alors n'est pas forcément invariable. On retrouve ainsi quatre séries connues que M. A. Kneser a formées de son côté par un procédé nouveau (*Mathematische Annalen*, 1904, t. LVIII, p. 192). Si l'on essaye de vérifier directement que les expressions (4) satisfont bien aux équations (3) on voit que les rapports constituant les premiers membres ont leurs deux termes séparément constants. Les termes d'un des développements obtenus sont donc représentables par des courbes sinusoïdales coupant les droites $x = \alpha$, $x = \beta$ en des points fixes dont le rapport des ordonnées est $\operatorname{tang}\varphi$ pour le développement en sinus, $\operatorname{cotg}\varphi$ pour celui en cosinus (2). *Telle est l'interprétation géométrique de* φ.

Cette constante φ, si l'on multiplie un des développements par une fonction arbitraire de φ et si l'on intègre, permet d'obtenir une infinité de développements nouveaux pour $f(x)$. Les intégrations par rapport à φ sont exactement de même nature que celles qui se présentent lors de la formation d'une série trigonométrique ordinaire, puisque φ figure *linéairement* dans k et θ.

---

(1) La question de la convergence de ces développements est sans difficultés sérieuses. On peut généraliser le procédé ordinaire. On peut aussi, par des intégrations par parties des coefficients, scinder les développements en d'autres, dont le moins convergent est comparable à une série harmonique qui converge grâce aux changements de signes que subissent continuellement ses termes. (Voy. A. Kneser, *loc. cit.*, p. 90, et E. Picard, *Traité d'analyse*, t. Ier, 2e édit., p. 253.)

(2) Si λ est pair. L'inverse a lieu si λ est impair. Des discussions sont d'ailleurs nécessaires quant aux doubles signes des formules (4), mais elles n'ont rien d'essentiel à signaler ici.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines séries asymptotiques.* Note de M. **L. Schlesinger**, présentée par M. H. Poincaré.

Considérons un système différentiel linéaire :

$$\text{(A)} \qquad \frac{dy_k}{dx} = \sum_{\lambda=1}^{n} y_\lambda a_{\lambda k} \qquad (k = 1, 2, \ldots, n),$$

dont les coefficients a_{ik}, supposés fonctions rationnelles de la variable x, dépendent d'un paramètre μ, de manière que l'on ait

$$(1) \qquad a_{ik} = \mu^\tau \left(a_{ik}^{(0)} + \frac{1}{\mu} a_{ik}^{(1)} + \ldots \right),$$

où τ représente un nombre entier positif; les $a_{ik}^{(\nu)}$ sont aussi des fonctions rationnelles de x, et les séries du second membre convergent pour mod $\mu > R$, R étant indépendant de x. D'après un théorème connu (1), le point $\mu = \infty$ sera un point essentiel pour les éléments d'une matrice intégrale (f_{ik}), se réduisant aux valeurs initiales.

$$(2) \qquad f_{ik}(x_0) = \mu^\lambda \left(\gamma_{ik}^{(0)} + \frac{1}{\mu} \gamma_{ik}^{(1)} + \ldots \right),$$

au point régulier x_0, et envisagés comme fonctions du paramètre μ.

Nous allons étudier ces fonctions au voisinage de $\mu = \infty$. Supposons, pour simplifier, $\tau = 1$, $\lambda = 0$, et formons les séries

$$(3) \qquad y_k = e^{\mu\omega} \left(y_k^{(0)} + \frac{1}{\mu} y_k^{(1)} + \ldots \right).$$

En les substituant dans le système (A), on obtient pour la détermination de ω et des $y_k^{(\nu)}$ les formules suivantes :

$$(4) \quad \frac{dy_k^{(\nu)}}{dx} + \frac{d\omega}{dx} y_k^{(\nu+1)} = \sum_{\lambda=1}^{n} \left(y_\lambda^{(0)} a_{\lambda k}^{(\nu+1)} + \ldots + y_\lambda^{(\nu+1)} a_{\lambda k}^{(0)} \right), \quad (\nu = 0, 1, 2, \ldots),$$

d'où l'on tire pour $\nu = 0$

$$(5) \qquad \left| a_{ik}^{(0)} - \delta_{ik} \frac{d\omega}{dx} \right| = 0, \qquad (i, k = 1, 2, \ldots, n).$$

Soient $\bar{\omega}_1, \ldots, \bar{\omega}_n$ les racines, supposées différentes entre elles, de cette équation algébrique de degré n en $\bar{\omega} = \frac{d\omega}{dx}$, et posons $\omega_i = \int_{x_0}^{x} \bar{\omega}_i dx$. Si dans les

(1) Voir p. e. HORN, *Mathem. Annalen*, t. LII, p. 343.

équations (4) on substitue pour $\frac{d\omega}{dx}$ l'une quelconque des racines $\tilde{\omega}_i$, ces équations vont déterminer les $y_k^{(\nu)}$ correspondants, que nous désignons par $y_{ik}^{(\nu)}$, à l'aide de *quadratures*. Nous aurons donc n systèmes de séries de la forme (3) :

$$(6) \qquad e^{\mu\omega_i}\left(y_{ik}^{(0)} + \frac{1}{\mu} y_{ik}^{(1)} + \ldots\right),$$

satisfaisant formellement au système (A), mais *divergentes* en général. Posons

$$(7) \qquad y_k = \sum_{\lambda=1}^{n} z_\lambda y_{\lambda_k}^{(0)},$$

les z_k vont satisfaire à un système différentiel de la forme

$$(B) \qquad \frac{dz_k}{dx} = \mu\tilde{\omega}_k z_k + \sum_{\lambda=1}^{n} z_\lambda Q_{\lambda_k}, \qquad \lim_{\mu=\infty} \frac{1}{\mu} Q_{\lambda_k} = 0.$$

Soit $x = a$ l'affixe d'un point régulier, c'est-à-dire d'un point qui n'appartient pas aux points singuliers du système (B), et considérons sur un rayon, issu du point a, un point b, tel que tous les points de l'intervalle $(a \ldots b)$ soient aussi réguliers. Supposons que le paramètre μ s'éloigne à l'infini, avec un argument constant, c'est-à-dire le long d'un rayon, et introduisons dans le système (B) la variable réelle et positive ξ, définie par l'équation

$$\mu(x-a) = \xi e^{\theta\sqrt{-1}}, \qquad \theta = \arg(x-a) + \arg\mu,$$

comme nouvelle variable indépendante. Soit $\tilde{\omega}_1$ celle des déterminations de la fonction algébrique $\tilde{\omega}$, pour laquelle la partie réelle de $\tilde{\omega}_1 e^{\theta\sqrt{-1}}$ soit la plus grande, quand x reste sur son rayon entre a et b. Pour le système (B) transformé on conclut, en raisonnant d'une manière analogue à celle dont se sert M. Poincaré (*American Journ.*, t. VII, p. 204-209, cf. Horn, *Acta Mathem.*, t. XXIV, p. 290), qu'il existe un système intégral $z_1 \ldots, z_n$ dont les quotients $\frac{z_k}{z_1}$ tendent vers zéro, si μ va à l'infini le long de son rayon. Ce lemme suffit pour pouvoir démontrer (cf. Horn, *loc. cit.*) l'existence d'une matrice intégrale du système (A), ayant la forme

$$y_{ik} = e^{\mu\omega_i}\left(y_{ik}^{(0)} + \ldots + \frac{1}{\mu^p} y_{ik}^{(p)} + \frac{Y_{ik}}{\mu^p}\right) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots, n),$$

où p désigne un nombre entier positif quelconque, et où les fonctions Y_{ik} de x

et de μ s'évanouissent quand μ va à l'infini, le long de son rayon, pour chaque valeur de x entre a et b. Il s'ensuit qu'un système intégral $y_1, \ldots, y_n$, dont les valeurs initiales pour $x = x_0$ sont représentées par des séries convergentes ou asymptotiques de la forme

$$e^{\mu\gamma}\left(\gamma_k^{(0)} + \frac{1}{\mu}\gamma_k^{(1)} + \ldots\right)$$

peut être représenté asymptotiquement en général par des séries de la forme

$$e^{\mu(\omega_1+\gamma)}\left(y_{1k}^{(0)} + \frac{1}{\mu}y_{1k}^{(1)} + \ldots\right),$$

pour les valeurs de x situées entre a et b, ω_1 étant celle des intégrales abéliennes ω_i pour laquelle la partie réelle de $\mu\omega_1$ est la plus grande (1).

Ajoutons quelques remarques relatives à un cas spécial important. Soit (A) un système *canonique :*

$$(A^{bis}) \qquad \frac{dy_k}{dx} = \sum_{\lambda=1}^{n} y_\lambda \sum_{v=1}^{\sigma} \frac{A_{\lambda k}^{(v)}}{x - a_v},$$

et supposons que les points singuliers $a_1, \ldots, a_\sigma$, aussi bien que les racines des équations déterminantes, relatives à ces points et au point $x = \infty$, soient indépendantes du paramètre μ. Les $A_{ik}^{(v)}$ seront donc développés, comme fonctions de μ, en des séries convergentes de la forme :

$$A_{ik}^{(v)} = \mu\left(\alpha_{ik}^{(v)} + \frac{1}{\mu}B_{ik}^{(v)} + \ldots\right).$$

On démontre aisément que, dans ce cas, les ω_i sont des intégrales abéliennes de *première espèce*, et que les points de ramification de la fonction algébrique $\bar{\omega}$ coïncident avec les points singuliers du système (A^{bis}). Il s'ensuit que, lorsque μ passe à l'infini avec un argument quelconque, les éléments d'une matrice intégrale aux valeurs initiales (2) (avec $\lambda = 0$) deviennent en général infinis pour tous les points x, intérieurs à l'étoile de M. Mittag-Leffler, relatif au point x_0, et que les coefficients des substitutions fondamentales deviennent aussi infinis, sauf un cas de réductibilité extrême. La dernière remarque est importante au point de vue des cas limites qui se présentent, si l'on applique la méthode de continuité à la démonstration de l'existence des fonctions satisfaisant au Problème de Riemann (voir *Journal de Crelle*, t. CXXX, p. 43).

---

(1) Dans son mémoire cité des *Mathem. Annalen*, M. Horn a démontré, en appliquant la méthode des approximations successives, un théorème relatif à une équation linéaire du second ordre, rentrant comme cas très spécial dans le théorème que je viens d'énoncer.

DYNAMIQUE DES GAZ. — *Sur l'accélération des ondes de choc sphériques.* Note de M. **Jouguet**, présentée par M. Jordan.

I. Soit, dans un gaz parfait dont γ sera le rapport des chaleurs spécifiques, un mouvement se faisant par couches sphériques de centre O. Soient t le temps, a le rayon initial d'une couche sphérique, r la densité dans l'état initial supposé homogène, x, p, ρ, u le rayon, la pression, la densité et la vitesse d'une couche à un instant quelconque. (La vitesse est comptée positivement dans le sens des rayons croissants.) x, p, ρ, u sont des fonctions de a et de t. Les équations du mouvement sont :

$$(1) \qquad \rho = r\frac{a^2}{x^2}\frac{1}{\frac{\partial x}{\partial a}} \qquad\qquad \frac{\partial p}{\partial a} = -r\frac{a^2}{x^2}\frac{\partial^2 x}{\partial t^2}.$$

Nous considérerons une onde de choc sphérique se propageant dans un état de repos homogène et avançant, pour fixer les idées, dans le sens des rayons croissants. Cette onde sépare la masse gazeuse en deux régions, la région 1 en repos, la région 2 en mouvement. Dans la première,

$$x_1 = a \qquad \frac{\partial x_1}{\partial t} = u_1 = 0 \qquad p_1 = \text{const.} \qquad \rho_1 = r = \text{const.}$$

Dans la seconde, le mouvement est représenté par les fonctions x_2, p_2, ρ_2, u_2. Sur le front de l'onde, on a

$$x_2 = x_1 = a.$$

Soit D la vitesse de l'onde par rapport à l'état initial. On a :

$$(2) \qquad \begin{cases} rD = \dfrac{p_2 - p_1}{u_2 - u_1} \\[2ex] (p_2 - p_1)\dfrac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1\rho_2} = (u_2 - u_1)^2 \\[2ex] p_2 = p_1\dfrac{(\gamma+1)\rho_2 - (\gamma-1)\rho_1}{(\gamma+1)\rho_1 - (\gamma-1)\rho_2} \text{ (loi d'Hugoniot)} \end{cases}$$

Ces formules sont les mêmes que celles qui conviennent aux ondes planes et dont nous nous sommes servi dans une note antérieure (1) où elles portent aussi le numéro (2). En raisonnant comme dans cette note, on peut retrouver

(1) *Comptes rendus*, t. CXLII, p. 831 (2 avril 1906).

ici les relations qui y portent les numéros (3) (4) (5) (6) et, moyennant (1), parvenir à la formule

$$(3)\quad \left[3+\frac{\rho_1 p_2 - p_1}{\rho_2 \rho_2 - \rho_1}\frac{(\gamma+1)\rho_1-(\gamma-1)\rho_2}{(\gamma+1)p_1+(\gamma-1)p_2}\right]\frac{r}{K^2}\frac{dD}{dt} = 2\frac{r^2}{\rho_2^2}\frac{\partial\rho^2}{\partial t}\left[\frac{\rho_2^2}{r^2}\frac{\frac{\partial p_2}{\partial t}}{\frac{\partial \rho_2}{\partial t}} - \left(1+\frac{2u_2\rho_2}{x_2}\frac{1}{\frac{\partial \rho_2}{\partial t}}\right)D^2\right]$$

où le coefficient de $\frac{dD}{dt}$ est positif ainsi que x_2, u_2, ρ_2.

On sait que la vitesse D est plus faible que celle du son en arrière du front. Donc

$$(4)\qquad D^2 < \frac{\rho_2^2}{r^2}\frac{\frac{\partial p_2}{\partial t}}{\frac{\partial \rho_2}{\partial t}}.$$

De là les conclusions suivantes :

Pour que l'accélération de l'onde soit nulle à un certain instant, il faut que :

$$(5)\qquad \left(1+\frac{2u_2\rho_2}{x}\frac{1}{\frac{\partial \rho_2}{\partial t}}\right)D^2 = \frac{\rho_2^2}{r^2}\frac{\frac{\partial p_2}{\partial t}}{\frac{\partial \rho_2}{\partial t}}.$$

Pour que cela soit possible, il faut, en vertu de (4), que $\frac{\partial \rho_2}{\partial t}$ soit positif, c'est-à-dire que le gaz continue à se comprimer en arrière de l'onde. Soit l la valeur positive de $\frac{\partial \rho_2}{\partial t}$ pour laquelle (5) est vérifiée.

Si $\frac{\partial \rho_2}{\partial t} > l$, l'onde est accélérée.

Si $\frac{\partial \rho_2}{\partial t} < l$, l'onde est retardée.

II. Imaginons maintenant que le gaz soit un mélange explosif et l'onde une quasi-onde de choc dans l'intérieur de laquelle la combustion soit notable, conformément à la seconde interprétation que nous avons donnée, dans un travail récent (1), du phénomène de l'onde explosive. Cherchons si une telle onde peut se propager avec une vitesse constante, comme dans le cas des ondes planes.

La troisième équation (2) doit être modifiée; mais les deux premières subsistent. La formule (3) subsiste aussi, mais avec un changement dans le

(1) *Sur la propagation des réactions chimiques dans les gaz.* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1906, p. 47.)

coefficient de $\frac{dD}{dt}$. La condition pour que la vitesse soit constante est encore la condition (5).

Dans le cas des ondes planes, traité dans notre mémoire précité, la constance de la vitesse s'exprime par une relation analogue à (5), mais où $\frac{\partial \rho_2}{\partial t}$ ne figure pas dans le coefficient de D^2 [c'est l'équation (47) du chapitre III dudit mémoire]. La présence de cette dérivée dans ce coefficient différencie nettement, dans notre théorie, la propagation des explosions par ondes sphériques de leur propagation par ondes planes. Si cette théorie est exacte, la vitesse des ondes sphériques dépend de la manière dont les gaz se détendent en arrière du front, et il paraît probable (les considérations précédentes ne sont pas toutefois une démonstration entièrement satisfaisante) qu'il n'y a pas, dans le cas des ondes sphériques, d'onde explosive proprement dite avançant dans les gaz frais avec une vitesse constante, indépendante du mode de mise de feu. Il serait intéressant d'étudier la question expérimentalement.

ÉLECTRICITÉ. — *Application du principe de la superposition à la transmission des courants alternatifs sur une longue ligne. Représentation graphique.* Note de M. **A. Blondel**, présentée par M. Mascart.

Si l'on appelle U et I les vecteurs représentatifs, en grandeur et en phase, de la tension et du courant au point x d'un conducteur de la ligne (1), j le symbole imaginaire $\sqrt{-1}$, les équations différentielles du problème

$$(1)\qquad \frac{di}{dx} = gu + c\frac{du}{dt}; \qquad\qquad (2)\qquad \frac{du}{dx} = ri + l\frac{di}{dt},$$

(1) Quel que soit le nombre de phases des courants alternatifs à transmettre, on peut considérer isolément chaque conducteur de la ligne, en supposant celle-ci complétée fictivement par un conducteur de retour de résistance nulle, parcouru par un courant nul. J'appelle donc : r, l, z, la résistance, la self-induction et l'impédance par unité de longueur (en pratique le kilomètre) d'un des conducteurs utiles de la ligne; c et g sa capacité et sa « perditance » (coefficient de fuite ou conductance de perte), par unité de longueur, par rapport au conducteur de retour fictif; ω la pulsation des courants alternatifs (ou plutôt de leur harmonique considéré), u la tension par rapport au conducteur de retour au point x; i l'intensité au même point, au temps t; on pose

$$u = \mathrm{U}e^{j\omega t}; \qquad i = \mathrm{I}e^{j\omega t}.$$

Les coefficients a et b qui figurent dans les solutions sont déterminés par l'égalité connue :

$$(a + bj)^2 = rg - \omega^2 cl + j\omega(rc + lg).$$

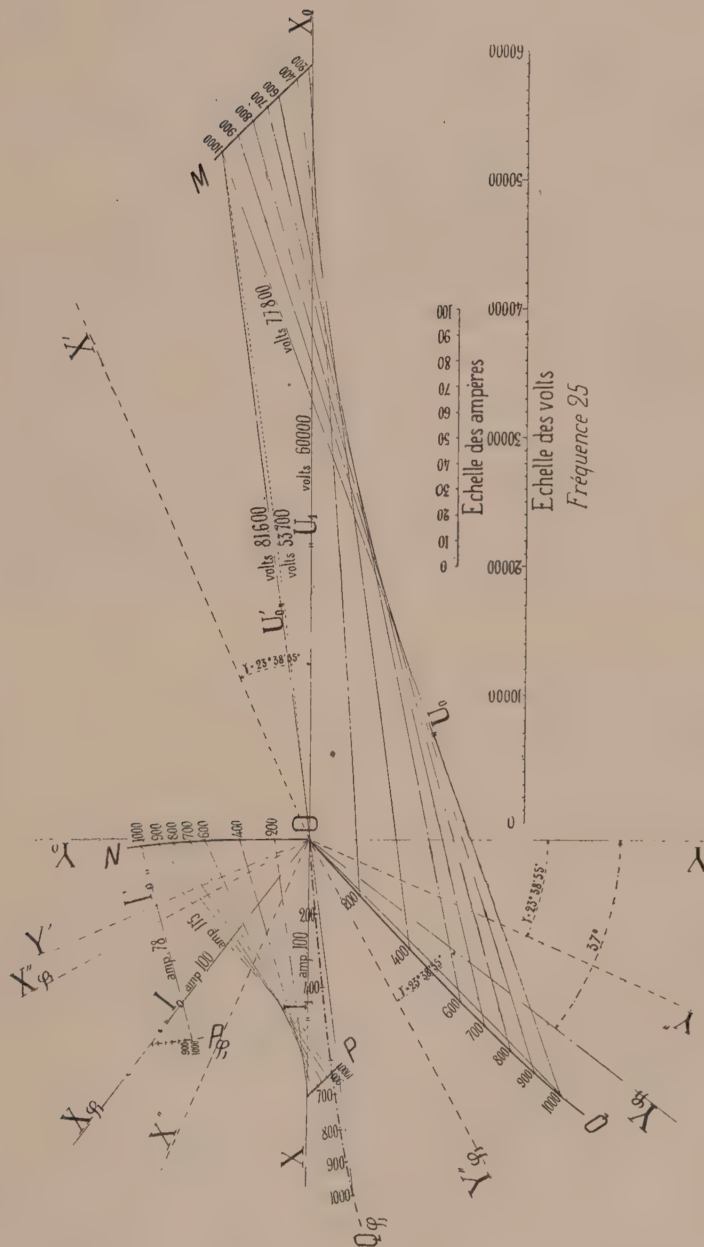


Fig. 1. — Épure d'une transmission triphasée à 1000 kilomètres.

admettent, comme on le sait (1), pour intégrales générales

$$(3)\quad U = Ae^{(a+bj)x-j\theta} + Be^{-(a+bj)x-j\theta'}; \qquad (4)\quad I = \frac{A}{m}e^{(a+bj)x-j\theta} - \frac{B}{m}e^{-(a+bj)x-j\theta'},$$

désignant par A, B, θ et θ' des constantes d'intégration; par a et b, deux coefficients dépendant seulement de r, g, l, c et ω; et en posant

$$m = \sqrt{\frac{a^2+b^2}{g^2+\omega^2c^2}}; \qquad \operatorname{tg}\gamma = \frac{\omega ca - bg}{\omega cb + ag}.$$

Je me propose d'appliquer ici le principe de la superposition des solutions, qui résulte de la forme même des équations (1) et (2), à la décomposition de chaque harmonique en un certain nombre de termes composants commodes pour la pratique.

On prendra comme origine des abscisses x de la ligne le point d'*arrivée;* le régime à l'arrivée est défini, pour la fréquence considérée, par les amplitudes et les phases de la tension U_1 et du courant total I_1 débité dans les organes récepteurs. Nous considérerons séparément les deux solutions partielles correspondant respectivement à l'hypothèse d'une tension égale à U_1, combinée avec un courant nul (marche à vide), et d'un courant égal en grandeur à I_1, combiné avec une tension nulle (débit sur court-circuit).

Dans la première hypothèse ($I_1 = 0$), on a évidemment $A = B = \frac{U_1}{2}$; les équations (3) et (4) prennent alors la forme :

$$\begin{cases} U = \frac{U_1}{2}(e^{ax}+e^{-ax})\cos bx + j\frac{U_1}{2}e^{ax} - e^{-ax})\sin bx = (U_1 \operatorname{coh} ax \cos bx + jU_1 \operatorname{sih} ax \sin bx), \\ J = \left(\frac{U_1}{m}\operatorname{sih} ax \cos bx + j\frac{U_1}{m}\operatorname{coh} ax \sin bx\right). \end{cases}$$

La première représente la tension répartie à vide, la seconde le courant de capacité réparti à vide. Dans chaque second membre entre crochets, le terme réel peut être considéré comme l'abscisse, et le coefficient de j comme l'ordonnée d'un point du lieu de l'extrémité du vecteur U ou J correspondant, tracé à partir de O, en remarquant seulement que les axes X'OY', auxquels est rapporté le lieu de J (que j'appellerai courbe N), doivent être tournés de l'angle $+\gamma$ par rapport aux axes X_0OY_0 du lieu de U (que j'appellerai courbe M).

On calcule aisément les coordonnées des courbes en fonction de x au moyen de la Table 14 (fonctions hyperboliques et circulaires) du Recueil de M. Hoüel.

Dans la seconde hypothèse (intensité à l'arrivée I_1, tension nulle), on trouve de même $A = B = \frac{I_1}{2}$, d'où l'on déduit par les équations (3) et (4) les nouvelles valeurs

(1) *Bulletin de la Société internationale des électriciens*, 5 avril 1905, p. 311-317.

des vecteurs du courant utile I et de la chute de tension correspondante produite par impédance V :

$$\begin{cases} I = (I_1 \operatorname{coh} ax \cos bx + j I_1 \operatorname{sih} ax \sin bx) e^{-j\varphi_1}, \\ V = (m I_1 \operatorname{sih} ax \cos bx + jm I_1 \operatorname{coh} ax \sin bx) e^{-j(\varphi_1 + \gamma)}. \end{cases}$$

Comme plus haut, ces expressions indiquent les coordonnées des lieux des extrémités des vecteurs (que j'appellerai les courbes P et Q respectivement) par rapport à deux systèmes d'axes rectangulaires XOY et X″OY″, respectivement tournés de l'angle φ_1 et de l'angle $\varphi_1 + \gamma$ en retard sur $X_0O_0Y_0$.

Chaque régime est donc caractérisé par une épure à deux courbes (tension et courant) et la superposition des régimes se traduit par une superposition géométrique de deux épures; s'il n'y a pas de décalage de phase à l'arrivée entre U_1 et I_1 ($\varphi_1 = 0$), l'axe OX du courant I_1 coïncide avec l'axe OX_0 de la tension U_1 et les axes X″OY″ sont symétriques de X′OY′ par rapport à OX_0; pour tenir compte d'un décalage quelconque φ_1, il suffit donc de faire tourner du même angle l'axe OX de la seconde épure par rapport à l'axe OX_0 de la première. On obtient les tensions résultantes de U et V en joignant deux à deux les points des extrémités des courbes de même espèce M et Q, et les vecteurs des courants résultants de I et J en joignant les points correspondants des courants N et P. De simples mesures sur l'épure font connaître en tous points de la ligne les grandeurs des tensions et des courants, leurs phases relatives, la puissance au départ $U_0 I_0 \cos\varphi_0$, la puissance à l'arrivée $U_1 I_1 \cos\varphi_1$ et, par suite, le rendement de la transmission.

PHYSIQUE. — *Sur les interférences produites par un réseau limitant une lame mince.* Note de M. **Georges Meslin**, présentée par M. Mascart.

Lorsqu'on dispose un réseau R sur la surface convexe S d'une lentille à faible courbure, on peut apercevoir de larges anneaux (1), dont, à ma connaissance, la théorie n'a pas encore été faite.

Ces franges, qui s'observent dans un faisceau de lumière non limitée et qui semblent localisées dans le voisinage du réseau (2) dont les traits sont supposés perpendiculaires au plan d'incidence, se distinguent nettement, et par plusieurs caractères, des anneaux de Newton correspondant à la lame mince comprise entre le réseau et la lentille :

1° Elles sont beaucoup plus larges et beaucoup plus espacées entre elles que ne le sont ces anneaux dont il est facile de calculer les dimensions d'après la

(1) Izarn, *Comptes rendus*, t. CXVI, p. 572.

(2) S'il s'agit d'un faisceau provenant d'une fente étroite dont on forme l'image sur un écran, on obtient dans le spectre des cannelures dont la théorie est différente; enfin, si les deux surfaces S et R sont parallèles, on a en lumière blanche des franges non localisées.

courbure de la surface convexe (et qu'on peut d'ailleurs observer en même temps);

2° Elles sont visibles en lumière blanche bien que S et R ne soient point au contact; elles sont encore observables alors que la distance de S à R est de plusieurs millimètres;

3° Elles sont très peu irisées et sont même sensiblement achromatiques lorsqu'on les observe sous une incidence voisine de 45°, auquel cas on a des anneaux blancs et sombres, périodiquement modifiés par des alternances colorées sur lesquelles je reviendrai en en précisant la cause;

4° Le diamètre de ces cercles *diminue* lorsque l'incidence va en croissant, tandis que le diamètre des anneaux de Newton augmente dans ces conditions.

En substituant à la lentille d'autres surfaces de formes connues, il est facile de s'assurer que, comme les anneaux de Newton, ces franges dessinent les lignes d'égale épaisseur de la lame mince ainsi constituée au-dessous du réseau; elles correspondent donc à un phénomène d'interférences pour lequel le retard est encore proportionnel à l'épaisseur de la lamelle, mais avec un coefficient de proportionnalité plus petit que celui qui intervient dans les anneaux de Newton et qui est égal à $2\cos r$; de plus, le nouveau coefficient doit présenter par rapport à r une variation en sens contraire du précédent.

Cette triple condition permet de reconnaître la cause du phénomène et de l'attribuer à l'interférence des deux faisceaux qui, tout en ayant été l'un et l'autre réfléchis dans la lame mince, ont subi la diffraction par le réseau, l'un à son entrée dans la lamelle, l'autre à sa sortie de cette même lame mince; ces deux sortes de rayons, émergeant parallèlement, peuvent interférer en présentant l'un par rapport à l'autre un retard correspondant aux *conditions différentes dans lesquelles ils ont traversé la lamelle*.

Si l'on considère d'abord des rayons tombant normalement et diffractés dans une direction r donnée par la formule classique

$$\sin r = \mathrm{KN}\lambda, \tag{1}$$

le rayon diffracté par transmission a traversé une épaisseur $\frac{2e}{\cos r}$, tandis que le rayon pénétrant et revenant normalement, puis diffracté dans la même direction que le rayon émergent, a pris un retard $2e + 2e\sin r\,\mathrm{tg}\,r$, ce qui fait en tout

$$2e + 2e\sin r\,\mathrm{tg}\,r - \frac{2e}{\cos r} \quad \text{ou} \quad 2e - 2e\cos r. \tag{2}$$

Ce retard varie donc proportionnellement à e, avec un coefficient $2(1-\cos r)$ généralement bien plus faible que $2\cos r$, si r est assez petit, ce qui avait lieu dans le cas des réseaux employés (réseaux au 1/25 ou au 1/50); il croît avec r, et comme r est déterminé par la relation (1), il augmente avec N, ce qui montre que les anneaux

seront d'autant plus étroits et plus petits que l'on emploiera des réseaux à traits plus resserrés ; c'est en effet ce que l'expérience indique.

En dehors de l'incidence normale, les équations seront

$$\sin i - \sin r = \mathrm{KN}\lambda, \tag{3}$$

et le retard sera donné par $2e(\cos r - \cos i)$, de telle sorte que suivant la parité de K' il se produira des franges brillantes ou sombres, lorsqu'on aura

$$2e(\cos r - \cos i) = \mathrm{K}'\frac{\lambda}{2}. \tag{4}$$

Si l'on examine le phénomène sous une incidence déterminée r, les équations (3) et (4) font connaître i et e, c'est-à-dire la direction du faisceau efficace et l'épaisseur ou position correspondante à une frange donnée; cette position est en général une fonction de λ et l'élimination de i entre ces deux équations donnerait la relation qui détermine ainsi e pour les différentes radiations; cette quantité ne serait donc indépendante de λ que si le résultat de l'élimination fournissait une équation où λ ne figurerait plus. Mais, au lieu d'éliminer i entre (3) et (4), on peut éliminer λ et conserver i dont la présence maintient dans l'équation finale l'influence de λ auquel il est relié par (3).

Cette élimination fournit

$$2e\frac{\cos r - \cos i}{\sin i - \sin r} = \frac{\mathrm{K}'}{2\mathrm{KN}} \quad \text{ou} \quad 2e = \frac{\mathrm{K}'}{2\mathrm{KN}}\operatorname{cotg}\frac{i+r}{2}.$$

En passant d'une couleur à l'autre, i varie d'un angle très petit; i et r sont d'ailleurs assez voisins l'un de l'autre et la variation de $i+r$ est à peu près négligeable à côté de $i+r$; la position de la frange est donc presque indépendante de la couleur et c'est ce qui explique l'achromatisme approximatif des anneaux dans les conditions indiquées.

Ces franges seront rendues plus brillantes si l'on augmente le pouvoir réflecteur de la surface inférieure de façon à égaliser à peu près les intensités des deux rayons interférents; on y parvient en employant une surface métallique, condition plutôt moins favorable à la visibilité des anneaux de Newton.

Ces franges peuvent être utilisées pour vérifier commodément la surface sans employer de lumière monochromatique; cette vérification peut, en effet, se faire presque sans interrompre le travail de la surface, car il suffit de disposer à plusieurs millimètres au-dessus d'elle un réseau plus ou moins serré suivant l'approximation que l'on cherchera ou suivant le degré d'avancement du travail, en éclairant le tout par un large faisceau de lumière blanche et en orientant les traits du réseau perpendiculairement au plan d'incidence; cette

méthode, qui permet, sans dispositif spécial autre qu'un réseau, de se rendre compte de la forme des surfaces employées, s'applique sans modification aux surfaces métalliques; elle permet, en particulier, de suivre avec beaucoup de précision les déplacements et les déformations d'une surface mercurielle.

CHIMIE. — *Action du gaz ammoniac sur le chlorure de néodyme anhydre.* Note de MM. **C. Matignon** et **R. Trannoy**.

Le gaz ammoniac est sans action sur le chlorure de néodyme vers 1000°. A la température ordinaire, le chlorure anhydre (1) absorbe le gaz ammoniac sec en augmentant considérablement de volume en même temps que la teinte rose s'accentue. Il se produit un dégagement de chaleur considérable. Les combinaisons qui se forment ont été étudiées par deux procédés différents.

Dans une première expérience on a saturé par le gaz ammoniac un poids connu de sel anhydre maintenu dans un mélange de glace et de sel; l'absorption complète exige un contact prolongé. 5g,4322 de sel ont ainsi absorbé 4g,3693 de gaz bien desséché à travers une longue colonne de sodium, en donnant une combinaison se rapprochant de $NdCl^3 12 AzH^3$. Ce composé d'addition chauffé progressivement au bain-marie, ou dans un bain d'huile, dégage de l'ammoniac à certaines températures qui ont été notées en même temps que les pertes de poids correspondantes. On a pu réaliser ainsi une décomposition progressive et déceler en passant toutes les combinaisons intermédiaires avec leur température de dissociation sous la pression atmosphérique.

D'autre part, 2g,1805 et 3g,4604 du même chlorure ont été enfermés dans deux tubes scellés avec du gaz ammoniac liquéfié; celui-ci est absorbé par le sel dont la teinte rosée se fonce davantage. Après un contact de plusieurs semaines, et vérification de la présence d'un excès d'ammoniac liquide, les combinaisons formées ont été étudiées en procédant de la façon suivante. Le tube est ouvert après refroidissement dans un mélange d'éther et de neige carbonique; on le porte ensuite dans le chlorure de méthyle bouillant à — 23°. A cette température, tout l'excès d'ammoniac se dégage en laissant une combinaison qui, comme nous le verrons tout à l'heure, a bien comme composition $NdCl^3 12 AzH^3$. On a élevé ensuite progressivement la température de ce composé d'addition et noté les températures pour lesquelles il y a dégagement de gaz ammoniac. Ce dernier est dosé à la fois par la variation de poids avant et après chaque dégagement et par la mesure du volume recueilli sur le mercure.

(1) C. MATIGNON, *Comptes rendus*, t. CXXXIII (1901), p. 289; t. CXL (1905), p. 1181.

Ces deux expériences, jointes à l'étude précédente, ont démontré l'existence des composés d'addition suivants :


$NdCl^3 AzH^3$


$2AzH^3$


$4AzH^3$


$5AzH^3$


$8AzH^3$


$11AzH^3$


$12AzH^3$

A la sortie du chlorure de méthyle, la combinaison a été portée dans la glace fondante, puis chauffée successivement au bain-marie, au bain d'huile et au bain de nitrates.

Nous donnons les résultats pour l'expérience faite avec $3^g,46$ de chlorure. Le départ de AzH^3 correspond théoriquement à un dégagement gazeux de 308 cm^3 mesurés à 0° et sous la pression normale et à une diminution de poids de $0^g,2352$.

	Température de décomposition	Perte de poids trouvée	Perte de poids calculée	Volume de AzH^3 recueilli trouvé	Volume de AzH^3 recueilli calculé
$1AzH^3$	— 23° à 0°	»	0,2352	312,3	309
$3AzH^3$	18° à 34°	1,3453	1,4112	980	927
$3AzH^3$	78° à 80°			911	927
$1AzH^3$	115° à 120°	0,2921	0,2352	408	309
$2AzH^3$	155° à 160°	0,4162	0,4704	506	618
$3AzH^3$	115° à 160°	0,7083	0,7056	914	927
$1AzH^3$	250° à 260°	0,2199	0,2352	284	309
$1AzH^3$	360°	0,2003	0,2352	250	309

Les deux derniers résultats sont trop faibles, mais les autres expériences permettent de corriger les valeurs fournies par ces nombres évidemment mal déterminés. C'est ainsi que l'essai, conduit avec $5^g,4322$ de chlorure, a éprouvé vers 250° et 360° les diminutions de poids de $0^g,3918$ et $0^g,3625$ au lieu de $0^g,37$ valeur théorique.

On remarquera également que les variations de poids ainsi que les dégagements gazeux vers 115° et 155° ne donnent pas des valeurs bien concordantes, mais l'ensemble des deux, au contraire, correspond très exactement à trois molécules de gaz ammoniac. D'ailleurs, les autres expériences ont également corrigé ces valeurs.

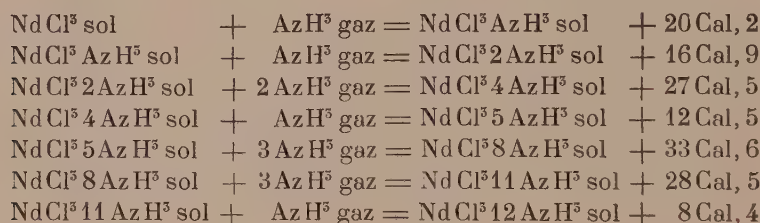
A 360° les douze molécules d'ammoniac fixées sont toutes mises en liberté et l'on retrouve le sel anhydre.

Les sept combinaisons formées par le gaz ammoniac et le chlorure de néodyme sont dissociables sous la pression atmosphérique à des températures voisines de celles indiquées en *t*

	t	T	Q
$NdCl^3AzH^3$	360°	633°	20c,2
$2AzH^3$	255°	528°	16c,9
$4AzH^3$	157°	430°	13c,7
$5AzH^3$	117°	390°	12c,5
$8AzH^3$	79°	352°	11c,2
$11AzH^3$	26°	299°	9c,5
$12AzH^3$	— 10°	263°	8c,4

En appliquant à ces combinaisons ammoniacales la loi de constance de la variation d'entropie mise en évidence par l'un de nous (1), on déduit immédiatement de la connaissance des températures absolues de dissociation T la chaleur dégagée Q dans la formation de ces combinaisons à partir de 1 mol. de gaz ammoniac. Pour la première, par exemple, la chaleur de fixation de AzH^3 est égale à $633 \times 0^{Cal},032$, soit $20^{Cal},2$.

On a pour chacun des composés la relation thermique suivante :



$$NdCl^3 \text{ sol} + AzH^3 \text{ gaz} = NdCl^3AzH^3 \text{ sol} + 20 \text{ Cal}, 2$$
$$NdCl^3AzH^3 \text{ sol} + AzH^3 \text{ gaz} = NdCl^3 2AzH^3 \text{ sol} + 16 \text{ Cal}, 9$$
$$NdCl^3 2AzH^3 \text{ sol} + 2AzH^3 \text{ gaz} = NdCl^3 4AzH^3 \text{ sol} + 27 \text{ Cal}, 5$$
$$NdCl^3 4AzH^3 \text{ sol} + AzH^3 \text{ gaz} = NdCl^3 5AzH^3 \text{ sol} + 12 \text{ Cal}, 5$$
$$NdCl^3 5AzH^3 \text{ sol} + 3AzH^3 \text{ gaz} = NdCl^3 8AzH^3 \text{ sol} + 33 \text{ Cal}, 6$$
$$NdCl^3 8AzH^3 \text{ sol} + 3AzH^3 \text{ gaz} = NdCl^3 11AzH^3 \text{ sol} + 28 \text{ Cal}, 5$$
$$NdCl^3 11AzH^3 \text{ sol} + AzH^3 \text{ gaz} = NdCl^3 12AzH^3 \text{ sol} + 8 \text{ Cal}, 4$$

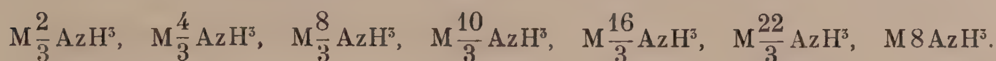
Ainsi le gaz ammoniac en se fixant sur une molécule de chlorure de néodyme dégage le chiffre énorme de $147^{Cal},5$. Nous avons vu que le chlorure de samarium dans les mêmes conditions avait fourni 147^{Cal} (2).

Le chlorure octohydraté de néodyme n'a pas son correspondant dans la série des composés ammoniacaux.

Les études ébullioscopiques et cryoscopiques ont montré (3) que la formule du chlorure de néodyme était bien $NdCl^3$. La simplicité des formules précé-

(1) *Comptes rendus*, t. CXXVIII (1899), p. 103.
(2) Matignon et Trannoy, *Comptes rendus*, t. CXL (1905), p. 141.
(3) C. Matignon, *Comptes rendus*, t. CXXXIII (1901), p. 289.

dentes s'accorde bien avec la trivalence du néodyme; la divalence de ce métal aurait conduit aux formules compliquées suivantes :



$$M\frac{2}{3}AzH^3,\quad M\frac{4}{3}AzH^3,\quad M\frac{8}{3}AzH^3,\quad M\frac{10}{3}AzH^3,\quad M\frac{16}{3}AzH^3,\quad M\frac{22}{3}AzH^3,\quad M\,8\,AzH^3.$$

On trouve là une confirmation *a priori* de la formule rigoureusement établie.

CHIMIE. — *Sur l'existence des sulfures de phosphore : mixtes de phosphore et de sesquisulfure de phosphore.* Note de M. **R. Boulouch**, présentée par M. Georges Lemoine.

Sous le premier titre, M. H. Giran a publié récemment (*Comptes rendus*, t. CXLII, p. 398) quelques données relatives à la détermination des températures de solidification (1) des corps contenant des proportions diverses de soufre et de phosphore, *après réaction des éléments au-dessus de* 100°.

J'ai fait, de mon côté, des recherches analogues, et mes résultats, relatifs aux mixtes de phosphore et de sesquisulfure P^4S^3, sont assez éloignés de ceux de M. Giran pour que je croie nécessaire de signaler et d'expliquer cette divergence; j'ai d'ailleurs à faire connaître un fait nouveau dans l'étude de la solidification d'un mélange de deux corps définis pouvant constituer une phase liquide unique, mais pas de combinaison chimique.

L'auteur signale l'existence d'un eutectique dont la concentration en soufre serait 0,335 et le point de fusion nette — 40°; or, un mélange ayant cette composition se solidifie graduellement à partir de + 35°, et le solide qui en résulte ne saurait, dès lors, constituer un eutectique. Le point d'eutexie des mélanges étudiés est situé vers — 7° et correspond à un mixte de concentration voisine de 0,200 (P^2S au lieu de P^4S). L'erreur commise doit être attribuée à deux causes :

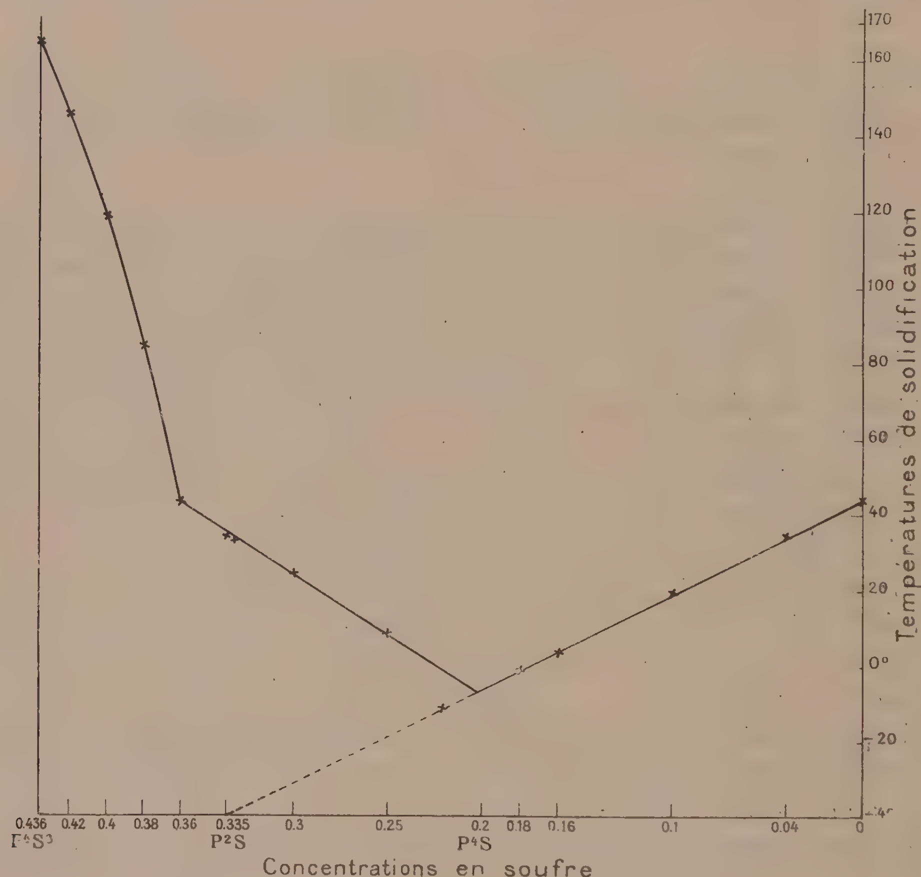
I. Ces mélanges présentent à un haut degré la propriété de demeurer en faux équilibre, de telle sorte que si l'on ne met pas en contact avec le liquide des germes cristallins de P^4S^3, on n'obtient la congélation des mélanges de concentration supérieure à 0,200 que par un refroidissement très énergique; mais on atteint ainsi la région située au-dessous des deux courbes de solidifica-

(1) Il peut être utile de remarquer que, dans les expériences de M. Giran (p. 338), on détermine « la température de *fusion* du mélange, qui est celle où *disparaît le dernier cristal* ». (Note de M. G. Lemoine).

tion, les cristaux qui prennent naissance sont isomorphes du phosphore, et leur fusion ultérieure fournit des points situés sur le prolongement de la ligne de solidification qui contient le point de fusion du phosphore pur.

J'ai fait ressortir des faits de cet ordre dans l'étude des mixtes formés par le soufre et le phosphore au-dessous de 100° (*Comptes rendus*, 21 juillet 1902).

II. La deuxième cause est plus imprévue et se relie à un fait, non signalé,



résultant de mes expériences inédites : le point d'eutexie se trouve en général à l'intersection de deux lignes presque droites passant respectivement par les points de fusion des deux corps purs; dans le cas actuel, en prolongeant les portions de lignes qui sont voisines de ces points de fusion, on obtient à peu près le point indiqué par M. Giran, mais la ligne de solidification des cristaux riches en P^4S^3 présente une forme absolument singulière; elle est

formée de deux portions à peu près droites, d'inclinaisons fort différentes, et c'est la seconde portion qui, par son intersection avec la ligne de solidification des cristaux riches en phosphore, détermine le point d'eutexie.

Mais le point où se coupent les deux parties de la ligne de solidification singulière doit être considéré comme *un point de transition* dont les coordonnées sont $s = 0,36$ et $t = 44°$, *température de fusion du phosphore pur*. L'hypothèse la plus probable qui permette d'expliquer la discontinuité du phénomène consiste à supposer qu'au-dessus de 44° il se dépose des cristaux de P^4S^3 pur, tandis qu'au-dessous de cette température on obtient des cristaux mixtes de sesquisulfure et de phosphore; l'identité des températures de ce point de transition et du point de fusion du corps le plus fusible, si elle s'érigeait en règle générale, aurait une importance évidente.

L'étude attentive des lignes de fusion de ces mélanges permettra sans doute de contrôler l'hypothèse émise ci-dessus.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les laitons spéciaux*. Note de M. **Léon Guillet**, présentée par M. Ditte.

On sait que les laitons industriels, alliages de cuivre et de zinc, renfermant plus de 55 % de cuivre, peuvent être laminés ou martelés à chaud, lorsqu'ils contiennent moins de 63 % de cuivre; ils peuvent être laminés ou martelés à froid, lorsque la teneur en cuivre dépasse 60 %.

Les recherches les plus récentes faites sur les laitons montrent que les alliages contenant plus de 63 % de cuivre sont formés d'une seule solution, solution α de Schepherd, tandis que ceux renfermant entre 55 et 63 % de cuivre sont formés de deux solutions α et β, la solution α étant d'autant plus importante que la teneur en cuivre est plus élevée.

Le constituant caractéristique des laitons forgeables à chaud est le constituant β qui apparaît en noir dans l'attaque au perchlorure de fer.

J'ai cherché à préciser la constitution des laitons spéciaux, alliages de cuivre et de zinc, contenant des corps étrangers : aluminium, manganèse, silicium, etc. On sait, depuis quelques années, que la présence d'une certaine quantité d'aluminium dans un laiton contenant 70 % de cuivre permet de laminer cet alliage à chaud. L'examen micrographique d'un de ces laitons nous a montré qu'il avait même texture que l'alliage $Cu = 58 \quad Zn = 42$.

Généralisons le problème et appelons A le titre réel (donné par l'analyse) de

l'alliage en cuivre ; B celui en zinc, et supposons que l'alliage renferme q % d'un corps étranger.

$$A + B + q = 100.$$

Soit A′ le titre en cuivre indiqué par le microscope (quand l'alliage est compris entre 55 et 63 %) et que nous nommerons titre fictif, B′ le titre fictif en zinc, et désignons par t le *coefficient d'équivalence* du métal étranger, c'est-à-dire la quantité de zinc auquel se substitue 1 % de ce métal, les proportions étant ramenées à 100.

On a :

$$A' + B' = 100;$$

mais

$$B' = \frac{(B + tq)\,100}{A + B + tq};$$

d'où l'équation

$$A'q\,(t - 1) = 100\,(A - A').$$

On a donc

$$A' = \frac{100\,A}{100 + q\,(t - 1)},$$

équation qui définit le titre fictif A′ d'un alliage dont le titre réel est A et qui contient q d'un élément dont le coefficient d'équivalence est t.

On voit que la loi est hyperbolique et que, si l'on a

$t < 1$,	il s'ensuit	$A' > A$,
$t > 1$,	»	$A' < A$.

J'ai déterminé les coefficients d'équivalence d'un grand nombre de métaux. J'indiquerai les principaux :

Pour l'aluminium.	$t = 6$,
» le silicium	$t = 10$,
» l'étain.	$t = 2$,
» le manganèse	$t = 0{,}5$,
» le plomb.	$t = 1$,
» le fer.	$t = 0{,}9$,
» le cadmium.	$t = 1$.

On voit donc que le manganèse et le fer relèvent le titre.

Ces déterminations ont une très grande importance industrielle. En effet, les propriétés d'un laiton spécial se rapprochent toujours beaucoup plus de celles du laiton qui a pour titre réel son titre fictif que de celle du laiton ayant même titre réel que lui ; il a généralement sur le premier l'avantage de posséder une limite élastique plus élevée.

Je citerai un exemple : le laiton $Cu = 70$, $Al = 4$, $Zn = 26$ a pour titre fictif

$$Cu = 57, \quad Zn = 43.$$

Ce dernier alliage donne : charge de rupture par $^m/m^2 = 32,6$; limite élastique $= 6,6$; allongement $^0/_0 = 24$.

Tandis que le premier accuse : charge de rupture par $^m/m^2 = 44,8$; limite élastique 23,8; allongement $^0/_0 = 24,5$, et l'alliage à même titre réel, soit $Cu = 70$, $Zn = 30$, donne : charge de rupture par $^m/m^2 = 17$; limite élastique $= 3,5$; allongement $^0/_0 = 55$.

J'ai supposé jusqu'ici que les éléments étrangers entraient dans l'une ou l'autre des solutions en présence desquelles ils se trouvent; tous les éléments commencent par agir ainsi; mais, pour des pourcentages variables avec chacun d'eux, ils se séparent en formant soit une combinaison, soit une solution solide spéciale. Certains corps, le phosphore, le magnésium, l'antimoine forment un constituant spécial dès que leur pourcentage atteint 0,5 à 0,7 $^0/_0$.

D'autres, au contraire, comme l'aluminium, le manganèse, peuvent être introduits en grandes quantités, plus de 10 $^0/_0$.

Les recherches fort longues que j'ai faites à ce sujet montrent clairement qu'à l'apparition d'un constituant spécial correspond nettement une diminution dans la valeur des propriétés mécaniques et, notamment, une augmentation très nette de la fragilité.

En résumé : 1° l'étude des laitons spéciaux m'a permis d'établir une loi générale indiquant le rôle des éléments étrangers qui créent dans l'alliage un titre fictif;

2° L'alliage a des propriétés très rapprochées de celles du produit ayant pour titre réel son titre fictif;

3° La présence d'un constituant, combinaison ou solution, autre que celui que l'on rencontre dans les alliages cuivre-zinc diminue considérablement la valeur mécanique de l'alliage.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Méthode de recherche et de dosage de petites quantités de fer.* Note de M. **A. Mouneyrat**, présentée par M. A. Haller.

Les diverses méthodes de recherche et de dosage du fer consistent soit à précipiter directement le métal (méthode électrolytique), soit à faire naître, dans les solutions qui le renferment, à l'aide de réactifs spéciaux, des précipitations ou des colorations spécifiques. Le procédé de recherche et de dosage de petites quantités de fer, dont je désire présenter l'étude à l'Académie, appartient à ce dernier groupe, au groupe des méthodes colorimétriques.

Depuis longtemps on a observé que lorsqu'on fait passer un courant d'hydrogène sulfuré dans une solution alcaline étendue d'un sel de fer, cette solution, indépendamment du précipité de sulfure qui peut se former, prend

une belle coloration verte. L'étude systématique de ce fait, but de cette note, m'a montré qu'on se trouvait là en présence d'une réaction extrêmement sensible du fer, beaucoup plus sensible que celle au sulfocyanure et tout particulièrement propre à la recherche de cet élément dans les solutions aqueuses qui n'en renferment que des traces.

Si à une solution très étendue, à un huit cent millième par exemple, d'un sel minéral de fer au maximum ou au minimum, on ajoute un excès d'alcali, ammoniaque pure par exemple, il ne se forme aucun précipité, mais le passage pendant 10 à 12 minutes dans cette liqueur d'un courant régulier d'hydrogène sulfuré pur y développe une belle coloration verte (la solution doit être examinée sous une épaisseur de plusieurs centimètres). Cette solution, abandonnée à l'air libre, ne tarde pas à jaunir, à cause de la mise en liberté de soufre sous l'influence de l'oxygène atmosphérique; conservée, au contraire, dans un flacon plein et bien bouché, elle garde très longtemps sa couleur verte.

J'ai tout d'abord examiné l'influence de la nature et de la quantité d'alcali sur la sensibilité de la réaction. Afin d'avoir une base parfaitement exempte de fer, j'ai employé de l'ammoniaque pure obtenue en chauffant la solution ammoniacale du commerce, desséchant sur de la chaux vive, afin de retenir l'eau entraînée mécaniquement, et recevant le gaz dans de l'eau distillée. La solution ammoniacale ainsi préparée, et dont je me suis servi, était absolument exempte de fer et contenait 62 grammes d'AzH^3 par litre. Les essais ont été effectués, pour une même durée de courant de H^2S, en prenant 50 centimètres cubes de la solution ferrugineuse à un huit cent millième de Fe (à l'état de sulfate de fer) et des quantités successivement croissantes d'ammoniaque $0^{cm^3},5$; 1^{cm^3}; $1^{cm^3},5$; 2^{cm^3}; 3^{cm^3}; 4^{cm^3}, etc. C'est avec 3^{cm^3} de la solution ammoniacale que le maximum d'intensité de coloration a été obtenu; des quantités plus fortes d'AzH^3 n'augmentent pas, diminuent plutôt la couleur.

L'ammoniaque peut être remplacée dans cette réaction par la soude ou la potasse, mais il est extrêmement difficile d'avoir ces deux bases exemptes de fer; toutes celles que livre le commerce en renferment des quantités plus ou moins grandes, qu'il est très difficile d'enlever. Les bases organiques, pyridine, quinoléine, ne peuvent pas remplacer l'ammoniaque.

Etat physique sous lequel se trouve le fer dans la solution verte. — Si l'on place la solution verte, préparée comme il vient d'être dit, sur un dialyseur, il ne passe pas de fer à travers ce dialyseur; seul du sulfure alcalin traverse la membrane. Cette expérience permet de conclure que le fer se trouve dans la solution verte à l'état colloïdal.

Agents qui influent sur la stabilité de cet état colloïdal. — Un grand nombre d'agents augmentent ou diminuent la stabilité de cette solution colloïdale ferrugineuse.

Les acides minéraux (HCl, AzO^3H, SO^4H^2, etc.) font immédiatement perdre à la solution sa coloration verte; le $SO^4(AzH^4)^2$, le SO^4Na^2, le NaCl en solution aqueuse concentrée fait également disparaître assez vite la couleur verte. Beaucoup de matières organiques, au contraire, augmentent la stabilité de l'état colloïdal et

permettent d'obtenir des solutions vertes plus riches en fer que l'ammoniaque seule. Parmi ces matières un grand nombre peuvent être employées; j'ai essayé la glycérine, le sucre, le glucose, la mannite, l'acide lactique, l'acide tartrique et l'acide citrique, qui toutes m'ont donné de bons résultats. Mais parmi toutes ces substances, la plus intéressante est l'albumine parce qu'elle permet d'augmenter la sensibilité de la réaction et de la pousser au delà du millionième (limite de sensibilité approximative avec l'ammoniaque seule). Si, en effet, à une solution de fer, légèrement plus étendue que le millionième, on ajoute de l'ammoniaque pure, une très petite quantité d'albumine (exempte de fer minéral), 4 ou 5 milligrammes par exemple, sature comme il a été dit d'H^2S, la coloration de la solution n'est pas d'un vert net, si bien que, dans ces conditions, il est difficile de se prononcer; mais si, à la solution ainsi obtenue, on ajoute son volume d'alcool à 90°, agite le tout et laisse reposer 10 ou 12 heures, il se forme, au bout de ce temps, s'il y a du fer, au fond du tube un dépôt filamenteux vert, tandis que la solution reste absolument incolore. L'alcool, dans ce cas, a brisé l'état colloïdal et une partie de l'albumine s'est précipitée en entraînant tout le fer. Les solutions colloïdales obtenues avec l'albumine ne sont pas détruites par la chaleur; à l'ébullition la coloration verte s'affaiblit ou disparaît pour reparaître à froid; le noir animal pur lavé, exempt de sels, n'a pas d'action sur la solution verte.

Spécificité de la réaction. — Cette coloration verte n'appartient-elle qu'au fer? J'ai étudié l'action de l'hydrogène sulfuré sur des solutions diluées à $\frac{1}{800000}$ ammoniacales, en présence d'albumine des métaux suivants :

Mercure, plomb, argent, chrome, nickel, cobalt, alcalino-terreux, cuivre.

Aucun de ces métaux, en solution très diluée bien entendu, ne donne de coloration verte analogue à celle du fer. Le cuivre gêne cependant la réaction; il faut donc tout d'abord s'en débarrasser. Pour cela on acidifie par HCl la solution, que l'on sature ensuite d'hydrogène sulfuré; on laisse reposer 8 à 10 heures, on filtre, porte à l'ébullition la solution et filtre de nouveau. La liqueur neutralisée et alcalinisée par l'ammoniaque additionnée d'albumine sert, comme il a été dit, à la recherche du fer.

Dosage du fer. — L'intensité de la couleur verte des solutions est, dans des limites comprises entre $\frac{1}{1000000}$ et $\frac{1}{1000}$, sensiblement proportionnelle à leur teneur en fer, si bien que l'on peut doser ce métal en fonction de l'intensité de cette coloration verte.

La méthode de recherche du fer que nous venons d'étudier est beaucoup plus sensible que celle au sulfocyanure et convient tout particulièrement aux recherches biologiques.

Je poursuis des études dans ce sens et j'indiquerai prochainement une méthode très sûre de recherche du fer dans les tissus vivants.

Chimie organique. — *Obtention des sulfamates aromatiques par réduction des dérivés nitrés avec l'hydrosulfite de soude.* Note de MM. **A. Seyewetz** et **Bloch**, présentée par M. A. Haller.

Les sulfamates aromatiques de formule générale (R)N.H.SO^3(M) ont été obtenus par divers procédés, qui utilisent tous soit une amine simple ou substituée, soit une hydroxylamine, dans le groupement NH^2 ou NHOH desquelles on substitue le groupement sulfonique au moyen de la chlorhydrine sulfurique, de l'acide amidosulfurique, de l'acide sulfureux ou de la thionylamine.

En employant les amines, Wagner (1) a obtenu ainsi l'acide phénylsulfamique; Traube (2) les acides phényl-, tolyl- et xylyl-sulfamiques; Paal et Jänicke (3) l'ortho et le paratolyl, ainsi que l'α naphtylsulfamate d'ammonium; Jungahn (4) l'acide a. m. xylylsulfamique; Paal et J. Cassel (5) les chlorosulfamates.

En utilisant les hydroxylamines aromatiques, Bamberger et Hinderman (6) puis Michaelis et Peton (7) ont pu préparer l'acide phénylsulfamique.

Nous sommes arrivés à transformer directement le groupe NO^2 en $NH-SO^3Na$ et à obtenir ainsi avec de bons rendements les sulfamates correspondants, en réduisant avec ménagement les dérivés nitrés par l'hydrosulfite de sodium (8).

Nous avons constaté que si l'on met du nitrobenzène en suspension dans de l'eau bouillie additionnée de phosphate de soude tribasique (9) et qu'on y dissolve une quantité suffisante d'hydrosulfite de sodium en poudre, de façon que la température atteigne environ 65°, il cristallise dans la masse, après vingt-quatre heures, de longues aiguilles soyeuses blanches. Ces aiguilles essorées sur brique poreuse puis purifiées par lavage à l'éther et cristallisation dans l'alcool absolu renferment du carbone, de l'hydrogène, de l'azote, du soufre et du sodium. Elles sont solubles dans l'eau et dans l'alcool. Leur solution aqueuse ne précipite pas avec le chlorure de

(1) *Berichte* 19, p. 1158.
(2) *Berichte* 23, p. 1654.
(3) *Berichte* 27, p. 1244, et 28, p. 3161.
(4) *Berichte* 31, p. 1234.
(5) *Berichte* 34, p. 2748. Dissertation. Erlangen, 1900.
(6) *Berichte* 30, p. 654.
(7) *Berichte* 31, p. 984.
(8) Nos essais n'ont porté jusqu'ici que sur le nitrobenzène, les nitrotoluènes, le métanitroxylène et l'α nitronaphtaline.
(9) Le phosphate tribasique sert à stabiliser l'hydrosulfite de soude.

baryum, mais cette précipitation a lieu après ébullition en présence d'une petite quantité d'acide chlorhydrique. Il y a en même temps formation d'aniline. Cette réaction caractéristique paraît indiquer la présence d'un sulfamate.

Cette hypothèse est confirmée par le dosage de l'azote, du soufre et du sodium, dont voici les résultats :

	Trouvé.	Calculé pour $C^6H^5NHSO^3Na$.
°/₀ Azote	7,3 et 7,21	7,17
Soufre	16,20	16,41
Sodium . . .	12,00	11,80

Nous avons identifié le composé ainsi obtenu avec le phénylsulfamate de sodium préparé par l'action de la chlorhydrine sulfurique sur l'aniline dissoute dans le chloroforme (1).

La réduction du nitrobenzène par l'hydrosulfite de soude peut donc être représentée par l'équation suivante :



$$C^6H^5NO^2 + S^2O^4Na^2 + H^2O = C^6H^5NHSO^3Na + SO^4NaH.$$

La solution aqueuse d'où ont été séparées les aiguilles est saturée de phénylsulfamate et renferme, en outre, une petite quantité d'aniline (2).

Nous avons fait varier méthodiquement les divers facteurs de l'opération (quantité d'hydrosulfite, concentration de la solution, température et durée de la réaction, quantité de phosphate tribasique) pour déterminer les conditions d'obtention du meilleur rendement.

Voici ces conditions :

« Introduire dans un flacon 63gr de nitrobenzène, 75gr de phosphate tribasique de « sodium et 380gr d'hydrosulfite concentré en poudre B. A. S. F. (78 °/₀ environ « $S^2O^4Na^2$), puis ajouter 1 litre d'eau bouillie et agiter vivement pendant quelques « minutes pour dissoudre l'hydrosulfite. La température s'élève peu à peu vers 65°. »

On abandonne alors le flacon bouché à la température ambiante.

Après vingt-quatre heures, la couche de nitrobenzène qui surnageait la solution a disparu à peu près complètement et il s'est produit dans la masse une abondante cristallisation d'aiguilles soyeuses blanches (3), qu'on recueille et essore sur brique en plâtre.

En refroidissant les eaux-mères vers 0°, on peut encore séparer une quantité importante de phénylsulfamate. Enfin, on peut également en retirer une portion notable en évaporant au bain-marie les dernières eaux-mères et en recristallisant plusieurs fois le résidu sec dans l'alcool absolu.

---

(1) *Berichte* 23, p. 1654.

(2) MM. Aloy et Rabaut (*Bulletin de la Société chimique de Paris*, t. XXXIII, p. 654) ont obtenu l'aniline en réduisant le nitrobenzène par l'hydrosulfite de soude vers 100°.

(3) Il arrive quelquefois que la solution reste sursaturée et ne cristallise pas. On provoque facilement la cristallisation en agitant, ou mieux en refroidissant avec un mélange de glace et de sel.

Rendement : 100gr de phénylsulfamate pour 100gr de nitrobenzène.

Le phosphate tribasique n'est pas indispensable pour la formation de phénylsulfamate, mais en stabilisant la solution d'hydrosulfite il améliore notablement le rendement.

Nous avons reconnu la possibilité d'effectuer la réaction en ajoutant au mélange une quantité d'alcool convenable pour que le nitrobenzène reste dissous dans la solution d'hydrosulfite, mais la séparation du phénylsulfamate est ainsi plus difficile.

En appliquant la réaction précédente aux trois nitrotoluènes, au métanitroxylène et à l'α nitronaphtalène, nous avons obtenu les sulfamates correspondants. Avec les nitrotoluènes le rendement a été notablement meilleur qu'avec le nitrobenzène (1).

Nous nous proposons d'appliquer notre méthode aux autres dérivés nitrés des carbures substitués ou non, ainsi qu'aux composés renfermant des groupes nitrés en présence des diverses fonctions.

PHYSIQUE DU GLOBE. — Extrait d'une lettre du P. **Cirera**.

Le 18 avril après-midi on a enregistré un mouvement microsismique important à l'Observatoire de l'Ebre. (Latitude Nord 40°49',2. Long. E. Greenwich $0^h 1^m 58^s,5$.)

Commencement à $1^h 24^m 55^s$ p. m. Phase maxima dans le pendule Grablovitz à $2^h 6^m 30^s$. Fin du mouvement à $4^h 7^m$.

Les pendules sont restés encore un peu agités.

M. **Charles Joly** adresse un mémoire intitulé : *Phénomènes sismiques inconnus*.

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 4 heures et demie.

G. D.

(1) Pour les dérivés nitrés solides à la température ordinaire, il faut maintenir le mélange au voisinage de leur température de fusion.